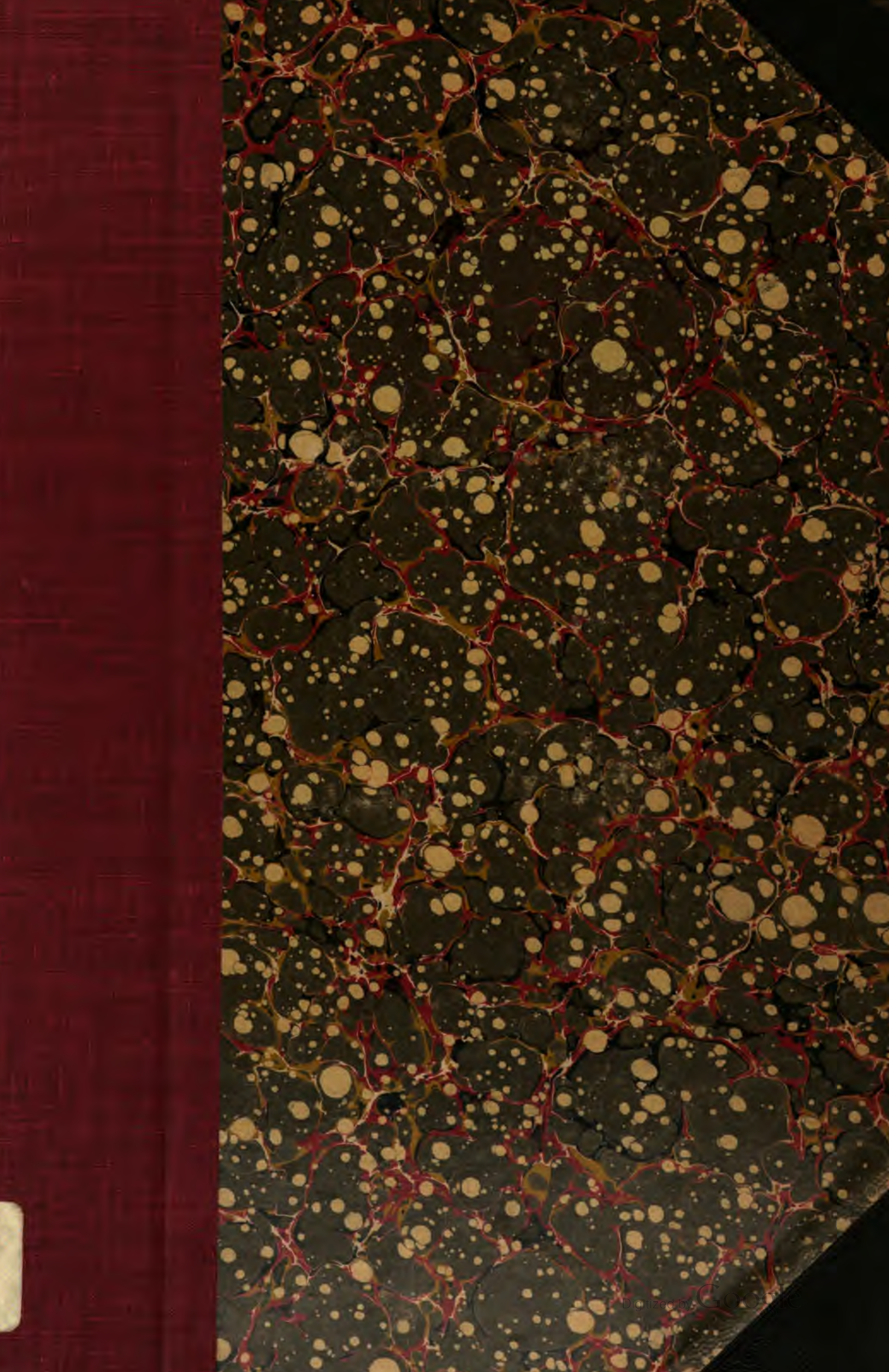


HERPETOLOGY

PREISSCHRIFTEN

GEKRÖNT UND HERAUSGEGEBEN

VON DER

FÜRSTLICH JABLONOWSKI'SCHEN GESELLSCHAFT

ZU LEIPZIG.



Nr. X. der mathematisch-naturwissenschaftlichen Section.

XXVII. A. Looss, Ueber Degenerations-Erscheinungen im Thierreich, besonders über die Reduction des Froschlarvenschwanzes und die im Verlaufe derselben auftretenden histolytischen Processe.

MIT VIER TAFELN.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL

1889.

ÜBER

DEGENERATIONS-ERSCHEINUNGEN

IM

THIERREICH,

BESONDERS ÜBER

DIE REDUCTION DES FROSCHLARVENSCHWANZES

UND DIE IM VERLAUFE DERSELBEN AUFTRETENDEN

HISTOLYTISCHEN PROCESSE

VON

A. LOOSS.

Motto: Nunquam retrorsum.

MIT VIER TAFELN.

GEKRÖNTE PREISSCHRIFT.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL

1889.

Auf die von der Fürstlich Jablonowki'schen Gesellschaft für das Jahr 1888 gestellte Preisaufgabe:

Eine eingehende Darstellung der Veränderungen, welche die Gewebselemente eines Thieres bei der Rückbildung seiner Organe eingehen,

eingereicht und gekrönt im April 1889.

Degeneration, Resorption, Reduction, Atrophie, Obliteration, Schrumpfung, Schwund, Rückbildung und noch eine Anzahl ähnlicher Ausdrücke, alles sind Bezeichnungen, die man in verschiedenen Fällen in Anwendung gebracht hat für gewisse Processe im Lebens- und Entwickelungsgang der Thiere, infolge deren einzelne Organe oder ganze Organsysteme entweder ganz oder theilweise zum Verschwinden kommen und dem Untergange anheimfallen. Namentlich sind es medicinisch-pathologische Arbeiten gewesen, welche zuerst das Augenmerk auf diese Erscheinungen gerichtet und uns mit dieser Fülle von ähnlich lautenden Ausdrücken beschenkt haben, ohne aber damit bestimmte, scharf gesonderte Begriffe zu verbinden, oder zur Lösung der Frage nach dem Wesen dieser Vorgänge weitere Beiträge zu liefern; medicinisch-pathologische Arbeiten vor allem deshalb, weil einmal jeder operative Eingriff in den menschlichen sowohl, wie thierischen Organismus in den verletzten Gewebstheilen Processe degenerativer Natur, und anschliessend daran pathologische Zustände verschiedener Art in mehr oder minder ausgedehntem Maasse zur Folge hat, nach deren Abschluss erst Vernarbung, resp. Neubildung auftritt, und weil andererseits das Studium dieser Neubildungs- und Heilungsprocesse von der durch die stattgehabten Degenerationsvorgänge geschaffenen Basis aus vor sich gehen musste. Nicht minder waren es Krankheitszustände der verschiedensten Art, sowie das fortschreitende Alter des lebenden Organismus, welche von Aerzten und Pathologen zuerst als die Ursachen von Degenerationserscheinungen in den Geweben des menschlichen Körpers erkannt und beschrieben wurden; indessen musste begreiflicher Weise auch hier das rein wissenschaftliche Moment vor dem praktischen zunächst in den Hintergrund treten.

In weit höherem Grade aber, als diese nur auf äussere Veranlassung hin, und meist nur in beschränkter Ausdehnung platzgreifenden Reductions- und Auflösungsvorgänge müssen diejenigen unsere ganze Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen, infolge deren es nicht nur zum Schwunde mikroskopischer Elemente und einzelner Organe, sondern sogar ganzer Körpertheile mit allen dieselben zusammensetzenden histologischen Bestandtheilen kommt, und die in der Lebensgeschichte gewisser Thiere so regelmässig auftreten und so nothwendig auftreten

müssen, dass diese Erscheinungen als physiologische Reduction in einen bestimmten und auffälligen Gegensatz treten zu der oben erwähnten pathologischen Reduction.

Es lässt sich sofort erkennen, dass überall die Erscheinungen der Metamorphose und die durch dieselbe hervorgerufenen Umwandlungen in der äusseren Form und dem inneren Aufbau der Thiere es sind, welche in letzter Instanz auf jenen Auflösungsprocessen beruhen; zeichnen sich doch immer die als Larven bezeichneten Jugendformen, die durchweg in anderen Verhältnissen, unter abweichenden Bedingungen ihr Dasein fristen, als ihre ausgebildeten Verwandten, infolge dieses Umstandes durch eine Anzahl provisorischer Organe und besonderer physiologischer Charaktere vor diesen letzteren aus, welche derselben entbehren und andere, definitive an deren Stelle besitzen. Das, was wir dann als den Akt der Verwandlung bezeichnen, ist weiter nichts, als das Ergebniss des allmählichen Austausches der Larvencharaktere und -organe gegen diejenigen, die der erwachsene Repräsentant der Art zur Schau trägt.

Es würde aber dem bekannten, sparsamen Haushalte der Natur als vollkommen zuwiderlaufend erscheinen, wenn die auf solche Weise überflüssig gewordenen Körpertheile einfach zu Grunde gingen oder abgeworfen würden, so dass das zu ihrem Aufbaue verwendete Material für den Haushalt des Organismus vollkommen verloren und nutzlos wäre; es kommt hier vielmehr zu äusserst complicirten histologischen und physiologisch-chemischen Processen, durch welche die betreffenden Organe aufgelöst, und das in ihnen enthaltene Nährmaterial dem Organismus zu weiterer Verwendung wiederum zugeführt wird.

Es kann auch ohne Weiteres eingesehen werden, dass, je vollkommener die Metamorphose ist, d. h. je mehr die Larven durch besondere Eigenthümlichkeiten der Lebensweise und der dazu nöthigen Organisation vor den definitiven Formen ausgezeichnet sind, desto tiefgreifender auch die inneren Umwälzungen sein müssen, welche die Verwandlung ausmachen. Während bei den Thieren mit sog. unvollkommener Metamorphose Larven und Geschlechtsthiere sich nur wenig von einander unterscheiden, und die Veränderungen im Inneren sich allmählich und ohne bedeutende Störung des Organismus vollziehen können, ist dies bei den Thieren mit vollkommener Metamorphose ganz anders. Hier sind Larve und Geschlechtsthier in ihrer Lebens- und Ernährungsweise so verschieden, infolge dessen so different von einander gebaut, dass bei der Umformung der ganze Organismus in Mitleidenschaft gezogen wird, und zwar dermaassen, dass er seine übrigen Lebensäusserungen auf das nothwendigste Maass beschränken und die ganze Arbeitsmenge, die er zu leisten im Stande ist, auf Durchführung dieser Veränderungen verwenden muss. Die Folge ist, dass bei diesen Thieren ein je nach Umständen verschieden langes Stadium der Ruhe zwischen Larve und Geschlechtsform sich einschiebt, einer allerdings nur äusseren Ruhe, welche die tiefgreifenden Umwälzungen im Inneren verdeckt.

Behalten wir das eben Gesagte im Auge, so wird begreiflich, dass wir den Reductionserscheinungen im Thierreiche vorzugsweise nur bei denjenigen Klassen und Ordnungen begegnen werden, deren Angehörige sich durch den Besitz einer

freien Metamorphose [1]) auszeichnen, das ist also unter den Wirbellosen, abgesehen von den Echinodermen und Tunicaten, hauptsächlich bei den Arthropoden, bei den Wirbelthieren ausser gewissen niederen Fischen, besonders bei den Amphibien, und zwar den anuren.

Trotzdem aber diese Processe im Thierreiche, wie hervorgehoben, eine nicht geringe Verbreitung besitzen, und auf die äusserlich sichtbare, und mehr noch auf die innere Gestaltung der betreffenden Formen in so bedeutsamem Maasse verändernd einwirken, sind sie doch bis jetzt nur wenig zum Gegenstande eingehenderer, wissenschaftlicher Untersuchung gemacht worden, und auch dies eigentlich nur beiläufig und nebenher, wenn es sich um die Erforschung ganz anderer Verhältnisse drehte. Es mag aber andererseits diese Vernachlässigung ein gut Theil auch darin begründet liegen, dass die Frage nach dem inneren Zustandekommen der Reductionsvorgänge mit zu den schwierigsten gehört, deren Lösung der neueren empirischen Forschung vorbehalten ist; schwierig einmal deshalb, weil es in den meisten Fällen unmöglich ist, in dem bereits bis zu einem gewissen Grade ausgebildeten und hochcomplicirten Organismus neben den Resultaten auch den Verlauf des Vorganges zu beobachten, und weiterhin auch deshalb, weil das definitive Schicksal der infolge der degenerativen Processe entstandenen Producte und ihre Weiterverwerthung im Dienste des Organismus mit Sicherheit kaum zu verfolgen ist.

So ist denn auch die Zahl der über unseren Gegenstand veröffentlichten Arbeiten eine nur beschränkte und, einige kleinere Aufsätze ausgenommen, befassen sich auch diese wenigen Untersuchungen ausschliesslich mit der genaueren Darstellung von Degenerationsvorgängen, wie sie im Verlaufe der Metamorphose bei wirbellosen Thieren, namentlich bei gewissen Insecten, Platz greifen; von den Wirbelthieren wissen wir, abgesehen von den oben genannten kleineren Mittheilungen, bis jetzt so gut wie gar nichts.

Um nun zu Ausfüllung dieser Lücke wenigstens in etwas beizutragen, habe ich mich bemüht, die betreffenden Vorgänge bei den Wirbelthieren, speciell die bei der Verwandlung der Froschlarven stattfindenden Processe einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen; ehe ich jedoch zur Darstellung meiner Ergebnisse selbst übergehe, will ich zuvor über die Resultate, welche durch die oben genannten Arbeiten zu Tage gefördert worden sind, resp. über die Vorgänge, welche nach ihnen bei den Reductionserscheinungen im Körper der wirbellosen Thiere auftreten, einen allgemeinen Ueberblick zu geben versuchen, um dann damit die Vorgänge zu vergleichen, wie sie sich mir bei den Wirbelthieren, speciell bei der Reduction des Froschlarvenschwanzes dargestellt haben [2]).

---

[1]) Da vielfach auch die Entwickelung im Eie und die Embryonalentwickelung, die ja eine, wenn auch oft beträchtlich abgekürzte Recapitulation der Stammesentwickelung darstellt, auf einer Metamorphose in dem angedeuteten Sinne beruht, so werden auch hier Reductionserscheinungen, namentlich bei den höheren Thieren, in untergeordnetem Maasse auftreten. (Blutgefässsystem etc.)

[2]) Vergleiche hierzu auch: Looss, Ueber Degenerationserscheinungen im Thierreich, speciell bei den Wirbelthieren. Tageblatt d. 61. Versamml. deutsch. Naturf. u. Aerzte. Köln 1889, p. 84.

I.

Ueber die Reductionsvorgänge bei Wirbellosen.

Wenn man bei Besprechung dieser Vorgänge einstweilen absieht von den kurzen Mittheilungen, welche Metschnikoff über die Resorption gewisser Larvenorgane während der Metamorphose der Echinodermen und Tunicaten gegeben hat, sind es unter den Wirbellosen bis jetzt besonders die Fliegen gewesen, welche zu grösseren und zusammenhängenderen Untersuchungen über Reductionsvorgänge das Material geliefert haben; eine Gruppe von Insecten, die mit Rücksicht auf das in der Einleitung Gesagte zum Studium dieser Verhältnisse von allen Insectenordnungen gewiss als die geeignetste erscheinen muss.

Seit den ersten Untersuchungen Weismann's[1]) über die nachembryonale Entwickelung der Musciden ist zwar durch die Arbeiten von Ganin[2]) und Viallanes[3]), sowie Künckel d'Herculais[4]) manches Neue und Werthvolle zu Tage gefördert, sind auch von Chun[5]) und Helm[6]) kurze, auf einzelne Organe bezügliche Angaben gemacht worden, das rechte Licht über die bei der Auflösung der larvalen Gewebe stattfindenden histolytischen Processe wurde aber erst durch die Arbeiten von Kowalewsky[7]) und J. van Rees[8]) verbreitet. Namentlich in des Letzteren Abhandlung ist nicht nur auf die früheren Bearbeitungen desselben Themas eingehend Rücksicht genommen, sondern es sind auch die Angaben der früheren Autoren, namentlich Kowalewsky's, zum grossen Theil bestätigt, zum Theil erweitert und ergänzt worden, so dass ich bei Darstellung des Zerfalles der Gewebe im Allgemeinen jene Arbeit zu Grunde legen kann.

Betrachtet man die Vorgänge, wie sie die Auflösung der Larvenorgane und -gewebe bei den Musciden zur Folge haben, auch nur oberflächlich, so fällt ganz allgemein ein Umstand sofort in die Augen, dass es sich nämlich überall

---

[1]) Weismann, Ueber die nachembryonale Entwickelung der Musciden. Zeitschr. f. wissensch. Zool. XIV, 1856, p. 165.

[2]) Ganin (russisch), citirt nach Hoffmann u. Schwalbe, Jahresbericht 1875; sowie Zeitschr. f. wissensch. Zool. XXXIII, 1875, p. 385.

[3]) Viallanes, Recherches sur l'histologie des insectes et sur les phénomènes etc. Annales des Sciences Nat. Zool. 6. série. T. XIV, 1882.

[4]) Künckel d'Herculais, Recherches sur l'organisation et le développement des Volucelles. Paris 1875.

[5]) Chun, Ueber den Bau, die Entwickelung und physiologische Bedeutung der Rectaldrüsen bei den Insecten. Abhandl. d. Senckenb. Naturf.-Gesellsch. in Frankfurt a. M. X, 1875.

[6]) Helm, Ueber die Spinndrüsen der Lepidopteren. Zeitschr. f. wissensch. Zool. XXVI. 1868, p. 463.

[7]) Kowalewsky, Beiträge zur nachembryonalen Entwickelung der Musciden. Zool. Anz. 1885, No. 188; Ders., Beiträge zur Kenntniss der nachembryonalen Entwickelung der Musciden, I. Theil. Zeitschr. f. wiss. Zool. XLV, 1887, p. 542.

[8]) J. van Rees, Beiträge zur Kenntniss der inneren Metamorphose von Musca vomitoria L. Spengel's Zoolog. Jahrbücher, Abtheilung für Anatomie und Ontogenie der Thiere. Giessen, III, 1888.

beim Zerfall der Larvengewebe nicht eigentlich um einen Zerfall, sondern vielmehr um eine Zerstörung der betreffenden Elemente durch die Leukocyten handelt. Die Leukocyten, die amöboid beweglichen Blutkörper der betreffenden Thiere sind es, welche in Massen activ die nicht mehr functionirenden Gewebe angreifen, in dieselben eindringen, und sie in eine ganze Anzahl grösserer und kleinerer Bruchstücke zerlegen; die Zerfallsproducte werden dann von ihnen aufgefressen und verdaut.

Die Fähigkeit einzelner Zellen des Thierkörpers, unter Formveränderungen verschiedener Art feste Bestandtheile in ihr Inneres aufzunehmen und daselbst festzuhalten, resp. in gewisser Weise zu verändern, war bereits vor längerer Zeit durch eine Anzahl Beobachtungen festgestellt worden [1], zu denen namentlich die weissen, amöboid beweglichen Blutzellen des thierischen Organismus das hauptsächlichste Material lieferten. In der Folge war es Metschnikoff [2], der nach Untersuchungen an Wirbelthieren und Wirbellosen diese Fähigkeit der Nahrungsaufnahme als eine ganz allgemeine Eigenschaft der wandernden Mesodermzellen, unter denen er nicht nur die beweglichen Lymph- und Blutkörperchen, sondern auch die amöboiden Bindegewebszellen versteht, hinstellte, und diese Zellen mit dem Namen der Phagocyten [3] belegte.

Sehen wir nun von der nicht unwichtigen prophylaktischen Bedeutung ab, die diese Phagocyten für den Haushalt des Organismus besitzen, und auf die ich bei anderer Gelegenheit zurückkommen werde, so sind es weiterhin vor allem die verschiedenen Vorgänge der Metamorphose, bei denen die Thätigkeit der Phagocyten in den Vordergrund tritt, jene Vorgänge, bei denen es sich um Zerstörung und Eliminirung gewisser, überflüssig gewordener Organe handelt: diese werden Opfer der Fresszellen, welche ihre Bestandtheile incorporiren und allmählich verdauen.

Während nun dieser Hauptcharakter des Gewebezerfalles im Bereiche der wirbellosen Thiere, d. h. also der Zerfall unter Mitwirkung der Leukocyten, ziemlich allgemein beibehalten wird, finden dagegen in Bezug auf alle Einzelheiten des Processes, sowohl in Bezug auf die Art und Weise der Einwirkung der Leukocyten, als auch in Bezug auf den Modus der Aufnahme der Zerfallsproducte, nicht unwesentliche Differenzen statt, die zum Theil soweit gehen, dass sie völlig aus den Grenzen des bisherigen Charakters herauszutreten scheinen. Eine kurze Dar-

[1] Vergl. hierzu: Lieberkühn, Joh. Müller's Archiv, 1854. Häckel, Radiolarien, Berlin 1862. v. Recklinghausen, Die Lymphgefässe und ihre Beziehungen zum Bindegewebe. Berlin 1862. Preyer, Ueber amöboide Blutkörperchen, Virchow's Archiv. XXX. 1864, p. 417. M. Schultze, Ein heizbarer Objecttisch und seine Verwendung bei Untersuchungen des Blutes. Arch. f. mikr. Anat. I. 1865.

[2] Metschnikoff, Untersuchungen über die intracelluläre Verdauung bei wirbellosen Thieren. Arbeiten aus d. zoolog. Inst. d. Univ. Wien. T. IV. H. 2. 1883.

[3] Metschnikoff, Untersuchungen über die mesodermalen Phagocyten einiger Wirbelthiere. Biol. Centralbl. 1883. No. 18. p. 560. Vergl. ferner: Ders., Ueber die Beziehung der Phagocyten zu Milzbrandbacillen. Virchow's Archiv f. pathol. Anat. u. Phys. u. f. klinische Med. XCVII. 1884, p. 502; Ders., Ueber den Kampf der Zellen gegen die Erysipelkokken. Ein Beitrag zur Phagocytenlehre. Virch. Arch. CVII. 1887, p. 209; Ders., Ueber den Phagocytenkampf beim Rückfallstyphus. Virchow's Archiv. CIX. 1887, p. 176, etc.



stellung der Verhältnisse, wie sie bei der Auflösung der verschiedenen Larvengewebe in der Ordnung der Musciden auftreten, wird dies sofort klar werden lassen.

Am typischsten verhalten sich die Muskeln. Als erstes Anzeichen der bevorstehenden Zerstörung sieht man an ihnen sehr zahlreiche Blutkörper in unmittelbarer Berührung mit den einzelnen Muskelfasern, die äusserlich noch völlig ihr normales Aussehen zur Schau tragen; einige Zeit später trifft man in Spalten der Muskulatur selber kleine, schwach gefärbte Kernchen mit sehr schmalem Protoplasmahofe von verschiedener Form, die aber nicht mit Kernen zu verwechseln, sondern typische, in die Substanz der Muskeln hineingedrungene Blutkörper sind. Durch ihre Einwirkung wird dieselbe in eine ganze Anzahl von erst eckigen, später sich abrundenden und weiter zerfallenden Bruchstücken zerlegt, die aber alle noch deutlich ihre Querstreifung und starkes Lichtbrechungsvermögen zeigen.

Diese Muskelfragmente gelangen nun in die Leibesflüssigkeit, um hier von den Amöboidzellen umfasst und schliesslich ganz in das Innere aufgenommen zu werden; es entstehen dann die von Weismann[1]) zuerst beobachteten, eigenthümlichen „Körnchenkugeln". Der ganze Muskel ist schliesslich weiter nichts, als „ein Conglomerat von mit verschieden grossen Muskelballen befrachteten Leukocyten" (van Rees p. 18), die anfangs noch die Lage und Form des ursprünglichen Muskels innehalten und erst später auseinanderweichen. Auch die Muskelkerne, die den Angriffen der Leukocyten etwas länger zu widerstehen scheinen, werden schliesslich, nachdem sie sich zuvor von der contractilen Substanz etwas abgehoben haben, von diesen aufgenommen und fortgeführt.

Die zwischen den typischen Körnchenkugeln in der Leibesflüssigkeit in grosser Zahl vorhandenen freien Muskelbruchstücke sollen später ebenfalls von Leukocyten aufgenommen werden; indessen giebt unser Gewährsmann hier doch der Vermuthung Raum (l. c. p. 114), es möchten auch ohne dauerndes Zuthun der Leukocyten die Gewebetrümmer einfach durch die auflösende Wirkung der Körperflüssigkeit zur Verdauung gelangen können. Ich werde hierauf später zurückzukommen haben.

Ganz ähnlich gestaltet sich der Zerstörungsprocess bei den Speicheldrüsen: auch hier besteht derselbe kurz darin, dass die Leukocyten „die Zellen der Drüsen, speciell auch ihren Kern antasten und allmählich incorporiren, wodurch ein mehr oder weniger rascher Zerfall und bald darauf erfolgendes vollständiges Verschwinden der Speicheldrüse zu Stande kommt". (l. c. p. 74.) „Alle denkbaren Formen von dem Einbohren in die Substanz und von dem Incorporiren dieser letzteren lassen sich beobachten". (p. 75.) Als bedeutsames Moment muss aber hier weiter angeführt werden, dass bereits vor der Zerstörung der Speicheldrüsen durch die Leukocyten einige Aenderungen an denselben wahrzunehmen waren, die ohne Zweifel auf einen ohne äussere mechanische Einwirkung eintretenden chemischen Zerfall der Drüsenzellensubstanz hindeuten. Diese Aenderungen bestehen theilweise in der Bildung verschieden grosser Vacuolen im Innern der Zellen, von

[1]) Weismann, l. c.

welchen die grössten bis an die Grösse der Leukocyten heranreichen, ohne dass jedoch in irgend einem Falle eine Verwechselung mit letzteren möglich wäre; ferner zeigen die Zellen öfter die Tendenz, durch Härtungsmittel in ihrer Consistenz gelockert zu werden, ein Verhalten, das durch eine Abnahme der Vitalität seine Erklärung finden soll.

Fasst man das Wesentliche des Zerfallsvorganges, wie er sich nach van Rees bei den Muskeln und Speicheldrüsen gestaltet, zusammen, so ergiebt sich, dass hier die weissen Blutzellen wohl am vollkommensten den Typus der Phagocyten aufweisen, indem sie nicht nur activ in die Gewebe hineindringen und dieselben auf mechanischem Wege in eine grössere oder geringere Anzahl von Bruchstücken zerlegen, sondern indem sie diese Fragmente dann auch auffressen, d. h. als körperliche Gebilde in ihr Inneres aufnehmen, um sie zu verdauen und das in ihnen enthaltene Nährmaterial für den Organismus wieder verfügbar und nutzbar zu machen.

In etwas anderer Weise gestaltet sich der Zerfall bei dem Fettkörper. Auch hier wird derselbe zwar durch die Vermittelung der Leukocyten zu Stande gebracht, wie es scheint, aber weniger durch mechanische, als durch chemische Einwirkung dieser letzteren. Es findet zunächst mit der Zeit gesteigertes Eindringen von Leukocyten in die Substanz der Fettzellen statt; diese eindringenden Leukocyten haben aber bemerkenswerther Weise niemals bereits Trümmer anderer Gewebe in ihr Plasma aufgenommen, sondern sind stets „leere" Leukocyten. Sie finden sich am dichtesten um den Kern, auf vorgeschrittenen Stadien oft bis zu hundert an Zahl, weniger dicht im Protoplasma der Zelle vertheilt; ursprünglich alle einkernig, sollen sie wahrscheinlich durch Verschmelzung zu mehrkernigen Gebilden werden.

Diese in die Substanz der Fettzellen hineingedrungenen Leukocyten scheinen nun selbst in ihrem Inneren gewisse chemische Veränderungen zu erleiden; zunächst sind sie sowohl, wie ihre Kerne etwas geschrumpft, d. h. kleiner, als die nur erst äusserlich den Fettzellen anliegenden Amöboidzellen; vor allem aber wird diese Veränderung documentirt durch ein verändertes Verhalten Farbstoffen gegenüber, das so bezeichnend ist, dass es als Reagens zur Unterscheidung von freien und eingewanderten Leukocyten dienen kann. Bald vergrössern sich die eingewanderten Leukocyten wieder, indem sie sich von den Körnchen der Fettzellen nähren, aber nur auf osmotischem Wege, da in in den Eindringlingen selbst niemals solche Körnchen aufgefunden werden konnten.

Der Zerfall der Fettzellen erfolgt zu verschiedener Zeit, zum Theil erst sehr spät; der Kern bleibt unversehrt bis zum völligen Zerfall der Zelle, nur verliert er fortwährend an färbbarer Substanz, so dass auch hier der Gedanke nahe liegt, „dass diese auf osmotischem Wege den eingedrungenen Blutkörpern zugeführt wird". (l. c. p. 78.) Da man später in den noch übrig gebliebenen Fettzellen vielfach eigenthümliche Löcher bemerkt, als wenn grössere Körper ausgetreten wären, so kommt der Verfasser auf die Vermuthung, dass die Leukocyten später wiederum die Zellen verlassen; es bleiben dabei zwischen den Resten der Fettkörner in den Zellen eigenthümlich färbbare Körper zurück, die van Rees nicht

als normale Leukocyten erkennt und wahrscheinlich für degenerirte Formen derselben hält. Leider finden sich über diese Gebilde keine weiteren Angaben.

Es findet bei der Auflösung des Fettkörpers also zwar eine Mitwirkung der Leukocyten statt, es besteht diese jedoch nicht in einer Zerstückelung des Zellenmateriales und Incorporirung der Bruchstücke, sondern sie beschränkt sich auf eine Aufsaugung und Resorption der vorher, wahrscheinlich infolge der Berührung, verflüssigten organischen Substanz der Fettzelle, wenn es schliesslich auch nicht ganz unwahrscheinlich ist, dass die Verflüssigung völlig unabhängig von dem späteren Eindringen der Blutkörper vor sich geht. Inwieweit eine Erklärung dieses abweichenden Verhaltens möglich sein mag, darauf werde ich am Ende dieser Arbeit zurückkommen.

Soweit indessen die thatsächlichen Beobachtungen reichen, knüpft hier sowohl, wie bei der Reduction der Muskeln und der Resorption der larvalen Hypodermis, die interessante Einzelheiten nicht bietet und hier deshalb übergangen werden kann, der beginnende Zerfall der Gewebe unmittelbar an die Einwirkung der Leukocyten, während bei den Speicheldrüsen bereits vor deren Action selbstständige, innere Veränderungen oder, mit anderen Worten, selbstständiger Zerfall der Gewebselemente eintritt, der erst später durch die Thätigkeit der Phagocyten unterstützt und zu Ende geführt wird.

Auf völlig analoge Weise, wie wir es hier von den Musciden kennen gelernt haben, geht der Zerfall und die Resorption der Larvenorgane auch bei der Metamorphose der Echinodermen und Ascidien vor sich, soweit derselbe durch die Untersuchungen Metschnikoff's [1]) klargestellt worden ist. Besonders erwähnt sind die Wimperschnüre verschiedener Echinodermenlarven, deren Zellen bei der Verwandlung in eine Menge sich ablösender Bruchstücke, rundliche Eiweisskügelchen, zerfallen, welche von den wandernden Mesodermzellen aufgenommen und verdaut werden. Die Kügelchen beginnen dabei ihre Consistenz zu ändern (p. 149), die Contouren werden blasser und schliesslich lösen sie sich fast vollständig auf. Bemerkenswerth ist, dass diese Verdauung, ebenso wie die Aufnahme der Eiweisskügelchen sich in Bezug auf die Dauer sehr unregelmässig vollzieht; in einigen Fällen geht sie sehr rasch von statten, während man in anderen oft stundenlang die aufgefressenen Kügelchen beobachtet und noch immer keine Veränderung an ihnen wahrnimmt. (l. c. p. 149.)

Ueberblicken wir die Gesammtheit der hier geschilderten Verhältnisse, so erhellt zunächst, dass im Bereiche der wirbellosen Thiere Auflösungs- und Resorptionsvorgänge von Geweben und Organen immer unterstützt, oft aber auch bedingt werden durch die Mitwirkung der amöboid beweglichen Blutkörper; eine directe Auflösung von Geweben, resp. deren Trümmern in der Leibesflüssigkeit ohne Zuthun der Leukocyten, wie es von van Rees für möglich gehalten wird, ist zwar durchaus nicht unwahrscheinlich, durch die vorliegenden Untersuchungen aber nicht positiv erwiesen.

[1]) Metschnikoff, Untersuchungen über die intracelluläre Verd. etc.



II.

Die Reductionserscheinungen bei den Wirbelthieren.

Ueber das Auftreten von Rückbildungsprocessen unter den Angehörigen der Wirbelthierklasse sind bereits in der Einleitung einige allgemeine Gesichtspunkte erörtert worden. Was die hierhergehörige Litteratur anbelangt, so besitzen wir, abgesehen von der mehrfach erwähnten Metschnikoff'schen Publication, über physiologische Reduction bei Wirbelthieren bislang meines Wissens nur eine einzige kürzere Arbeit von Barfurth[1]), die wesentlich von den Metschnikoff'schen Anschauungen beeinflusst erscheint, und in kurzen Zügen die Schilderung einzelner Reductionsstadien giebt. Ich werde in der Folge auf diese Arbeit und ihre Resultate öfter zurückzukommen Gelegenheit haben.

Es ist leicht erklärlich, dass bei den Wirbelthieren auch die Vorgänge der pathologischen Rückbildung und Auflösung von Geweben vielfach zum Gegenstand specieller Untersuchung gemacht worden sind; es kann aber naturgemäss nicht in unserem Plane liegen, die gesammte einschlägige Litteratur hier herbeizuziehen, doch werden einige der hierhergehörigen Arbeiten, deren Resultate in gewisser Beziehung wichtig und beachtenswerth erscheinen, an den betreffenden Stellen citirt und besprochen werden. Ueberhaupt habe ich nicht beabsichtigt, ein vollständiges Litteraturverzeichniss zu geben, sondern immer nur die neueren und durch ihre Resultate für unser Thema bedeutungsvollen Arbeiten herbeigezogen; wenn dabei die eine und die andere unberücksichtigt geblieben ist, so mag das in der einigermaassen beträchtlichen Ausdehnung des Stoffes seine Entschuldigung finden.

Bei genauerer Betrachtung der Degenerations- und Resorptionsprocesse, wie sie im Bereiche der Wirbelthiere, speciell bei der Rückbildung des Froschlarvenschwanzes auftreten, macht sich als auffälliger Unterschied gegenüber den Wirbellosen sofort der Umstand geltend, dass hier die Leukocyten, wenn überhaupt, dann eine viel weniger active und aggressive Rolle spielen, als dies bei den Wirbellosen der Fall war. Es war mir im Anfange nicht leicht, entgegen den so klar und sicher ausgesprochenen Angaben Metschnikoffs[2]), nach denen auch bei der Reduction des Batrachierlarvenschwanzes die weissen Blutkörper als „Phagocyten" ganz allgemein auftreten sollten, festzustellen, dass der Zerfall aller Gewebe hier selbstständig, aus sich selbst heraus, stattfindet, und dass das Eindringen von Leukocyten in die noch unversehrten Gewebe, ich will nicht direct sagen, auf einem Irrthume beruht, indessen von mir trotz aller Aufmerksamkeit niemals beobachtet werden konnte, und daher wohl, wenn es vorkommt, zu den Ausnahmen gehört.

Die folgende Darstellung des Zerfalles und der Resorption der einzelnen

---

[1]) Barfurth, Die Rückbildung des Froschlarvenschwanzes und die sogenannten Sarcoplasten. Arch. f. mikr. Anat. XXIX. 1887, p. 35.

[2]) Metschnikoff, Ueber die mesodermalen Phagocyten einiger Wirbelthiere etc.

Gewebe im Larvenschwanze während der Atrophie desselben wird dies zur Genüge darthun; vorher sei es mir jedoch erlaubt, auf die bei den Untersuchungen verwandten

Untersuchungsmethoden

etwas näher und ausführlicher einzugehen, da auf diese besonderes Augenmerk gerichtet worden ist. Kommt es doch gerade bei dem Studium der Resorptionserscheinungen mehr als bei irgend einer anderen Untersuchung darauf an, dass die natürliche Form und Structur der histologischen Elemente so viel als möglich gewahrt bleibt, und so eine genaue Unterscheidung bezüglich Identificirung derselben ermöglicht wird. Ich habe mich, von diesem Gedanken ausgehend, nicht an eine specielle Untersuchungsmethode gehalten, sondern eine grössere Zahl der gebräuchlichsten und bestempfohlenen herbeigezogen, und die mit Hülfe derselben gewonnenen Resultate untereinander verglichen, und so nach besten Kräften das Wesentliche und Thatsächliche von dem nur künstlich Erzeugten und deshalb Zufälligen zu scheiden gesucht.

Als Untersuchungsobjecte verwandte ich die Larven aller in der Umgebung von Leipzig vorkommenden Batrachierarten mit alleiniger Ausnahme der Quappen von Bombinator, da diese trotz aller darauf verwandten Mühe und trotzdem die ausgewachsene Unke hier gar nicht selten ist, nicht aufzutreiben waren. In der Hauptsache wurden die Beobachtungen angestellt an den Larven von Rana temporaria und Bufo vulgaris; daneben kamen zur Verwendung Rana esculenta, Hyla arborea und besonders noch Pelobates fuscus.

Soviel als irgend möglich, wurde an lebenden Thieren untersucht; dieselben wurden zu diesem Zwecke auf einen besonders hierzu angefertigten, ausgeschliffenen Objectträger gebracht und mit dem Deckgläschen bedeckt; doch wurde stets dafür Sorge getragen, dass dieses keinerlei Druck auf die Untersuchungsobjecte ausübte. Da bei diesem Verfahren aber die grosse Unruhe der Thiere eine Beobachtung ohne vorherige Fixirung ungeheuer erschwerte, galt es, die zur Untersuchung kommenden Thiere zuvörderst unbeweglich zu machen. Im Anfange benutzte ich hierzu eine Curarelösung, wenn es sich um genauere Bestimmung der Mengen des Giftes handelte, ein Curarinpräparat; beide verdanke ich der Munificenz des Herrn Geheimrath Ludwig, dem ich dafür zu verbindlichstem Danke verpflichtet bin. Da jedoch die auf diese Art und Weise behandelten Froschlarven in den meisten Fällen infolge der Wirkung des Curare zu Grunde gingen, suchte ich denselben Zweck durch Anwendung abwechselnder Inductionsströme, wie sie bereits von Mayer[1]) empfohlen wurden, zu erreichen, jedoch sah ich dabei von einem Zusatz von Curare zu dem Wasser, in dem sich die Thiere befanden, vollkommen ab. Der Apparat zur Erzeugung dieser Ströme war mir von befreundeter Hand in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt worden, wofür ich nicht unterlassen will, auch an dieser Stelle meinen besten Dank auszusprechen.

---

1) J. Mayer, Ueber die blutleeren Gefässe im Schwanze der Batrachierlarven. Sitz.-Ber. d. Wiener Akad., Math.-Naturw. Kl. XCI. Bd. III. Abth. 1884, p. 204.



Die mit Hülfe dieser elektrischen Ströme ihrer Bewegungsfähigkeit auf einige Zeit beraubten Batrachierlarven zeigten den Kreislauf in vollkommener Weise erhalten, auch war eine wesentlich verändernde Einwirkung der Ströme auf die histologischen Elemente nicht zu erkennen. Ein weiterer, sehr wesentlicher Vorzug dieser Methode war aber der, dass die Thiere nach längeren oder kürzeren Pausen ihre Beweglichkeit und damit zugleich augenscheinlich die volle körperliche Gesundheit wieder erlangten, und so nach wechselnden Zeiträumen zu erneuten Beobachtungen dienen konnten; es war dies vor allem wichtig, wenn es galt, gewisse Veränderungen an demselben Individuum verfolgen zu können.

Leider liessen sich nun aber vermöge dieser jedenfalls sichersten Methode nur verhältnissmässig geringe Resultate, und diese auch nur während der frühesten Reductionsperiode erzielen; denn bei keiner der von mir untersuchten Batrachierarten besitzen die erwachsenen Larven einen von Pigment so freien Ruderschwanz, dass die tieferen Partien, namentlich des Mitteltheiles, bei mittleren Vergrösserungen einen klaren Einblick in ihr Inneres gestatten, andererseits aber nimmt mit dem Fortschritt des degenerativen Processes die Dichtigkeit der Pigmentirung in einem solchen Maasse zu, dass von der in Rede stehenden Untersuchungsmethode kein irgendwie günstiges und bedeutungsvolles Resultat mehr zu erwarten steht.

Als Ersatz hierfür, und um zugleich die Verhältnisse in der Tiefe der Untersuchung zugänglich zu machen, wurde die Zerzupfung in indifferenten Medien angewandt. Ursprünglich verwandte ich als solches Augenflüssigkeit, nachträglich aber nur und ausschliesslich Kochsalzlösung von 0,75%, nachdem ich erkannt hatte, dass diese Zusatzflüssigkeit, in unserem Falle wenigstens, die natürlichen Verhältnisse für lange Zeit in ebenso vollkommener Weise wahrt, wie die Glaskörperflüssigkeit, deren Beschaffung niemals ohne Opfer an Thieren möglich ist.

Ich muss übrigens gleich hier erwähnen, dass die mittelst Zerzupfens in Kochsalzlösung gewonnenen Resultate immer von Präparaten herstammen, die wohl ohne Zweifel noch ihre volle Integrität und Lebenskraft besassen; denn es wurden die Beobachtungen jedesmal sofort abgebrochen, wenn sich an den stets in grösserer Zahl mit in dem Präparate befindlichen, normalen rothen Blutkörperchen, an denen krankhafte Zustände leicht zu erkennen sind, Veränderungen geltend machten, die auf Abnahme der Vitalität und beginnendes Absterben hindeuteten.

An dieser Stelle glaube ich mit gutem Rechte Pfitzner[1]) entgegentreten zu können, der den Gebrauch „physiologischer“ Kochsalzlösung verwirft und der Untersuchung fixirter und gefärbter Objecte den Vorzug giebt. Das mag für das Studium so feiner und zarter Structurverhältnisse, wie sie die Kerngerüste etc. ohne Zweifel darstellen, gewiss am Platze sein, für Beobachtung von Lebensvorgängen, vorzüglich mikroskopischer Art aber leisten diese physiologischen Kochsalzlösungen, wenn sie in ihrem Salzgehalt dem des Blutes der betreffenden

[1]) Pfitzner, Zur pathologischen Anatomie des Zellkernes. Virchow's Archiv etc. CIII. Bd. p. 275 (p. 298).



Thierklasse so gut als möglich angepasst sind, unersetzliche Dienste, bessere jedenfalls als ausschliessliche Härtung und Färbung. Denn mit ihrer Hülfe können wir Vorgänge beobachten, indess selbst die bestconservirten und gefärbten Präparate stets nur Momentaufnahmen ungleicher Qualität darstellen, die im günstigsten Falle einen stattgehabten Vorgang erschliessen lassen. Welche von beiden Methoden übrigens am meisten im Stande ist, „neue Thatsachen" zu liefern, ob die Beobachtung frischer Gewebe, oder die Untersuchung fixirter und gefärbter, darüber sind heutigen Tages die Acten noch nicht geschlossen, ich meinerseits halte dafür, dass beide nebeneinander in sorgfältiger und kritischer Weise angewandt, am besten in den Stand setzen werden, der Wahrheit nahe zu kommen.

Freilich liessen sich nun auf diesem Wege die Vorgänge im Inneren des zerfallenden Schwanzes nicht studiren, aber es kamen doch immer die Producte und Resultate jener Vorgänge in nahezu voller Natürlichkeit und ursprünglicher Beschaffenheit zur Beobachtung, es konnten noch Bewegungs- und Umwandlungserscheinungen, kurz Lebensäusserungen an einzelnen der histologischen Elemente studirt, und so noch mancher Fingerzeig für die Deutung und die Erkenntniss der stattgehabten Vorgänge selbst gewonnen werden.

Alle die so erzielten Resultate aber waren aufs eingehendste zu controliren an Schnitten durch wohlconservirte und gefärbte Objecte, welche allein einen sicheren Einblick in die natürlichen Lagerungsverhältnisse gestatteten. Dass es, wie schon oben kurz erwähnt, sorgfältigster und verschiedenartigster Conservirung und Färbung bedurfte, um die auf den Zupfpräparaten lebend beobachteten histologischen Elemente auch im todten Zustande auf den Schnitten mit Sicherheit wiederzufinden und zu erkennen, bedarf wohl kaum weiterer Hervorhebung.

Ich habe anfangs vor allem conservirt in Sublimat, sowohl in kaltgesättigter, als auch in mit dem 1—3fachen Volumen Wasser verdünnter Lösung, bei einer Temperatur von 30—50° Celsius. Die vermittelst dieser Methode erlangten Resultate waren recht gute; eine kleine Schrumpfung der Elemente war, namentlich bei Anwendung von Temperaturgraden über 40°, der einzige Uebelstand; nebenbei conservirte ich auch in Müller'scher Flüssigkeit, Pikrinsäure, Chromsäure und Chromsäure-Platinchlorid, Flüssigkeiten, die gegenüber dem Sublimat nahezu unbrauchbare Präparate lieferten und nicht mehr verwendet wurden. Sehr gute Resultate ergab aber wiederum die Flemming'sche Chromosmiumessigsäure nach der Modification von Fol (aus Frey, Mikroskop etc.), nur hat namentlich die Osmiumsäure den Nachtheil, sehr langsam in die Tiefe zu dringen und einer späteren, guten Totalfärbung hinderlich zu sein.

Aufmerksam gemacht durch eine mündliche Mittheilung meines Freundes Böhmig in Graz wandte ich in letzter Zeit Sublimat an, dem Essigsäure zugesetzt worden war (Pikrinsäure erwies sich hierzu weniger geeignet, da sie meinen Erfahrungen nach die Kernstructuren verwischt) und zwar so viel, dass die durch die Wirkung des reinen Sublimates hervorgerufene leichte Schrumpfung durch die quellende Wirkung der Essigsäure ungefähr compensirt wurde. Die Wirkung war eine ganz ausgezeichnete, namentlich bei Anwendung einer Mischung

von Sublim. wässerig concentr. 150 ccm, aqu. 150 ccm und acid. acet. glac. 3—4 ccm.

Die conservirten Objecte wurden in Wasser gründlich, oft mehrere Tage, ausgewaschen, zur Entfernung des überschüssigen Sublimates, das sich später oft in sehr störender Weise in Nadelform wieder ausscheidet, öfters auch noch vorsichtig mit Jodalkohol behandelt (Alkoh. 70 %, dunkelportweinfarbig), und dann allmählich entwässert. Die Färbung geschah meistens in toto, und zwar, abgesehen davon, dass diese Methode bei einiger Sorgfalt und Uebung tadellose Resultate ergiebt, vorzugsweise deshalb, weil bei einer Nachfärbung auf dem Objectträger es nicht zu vermeiden ist, dass kleine Partikelchen (Blutkörper, Gewebsbruchstücke, etc.) durch das viele Spülen aus ihrer ursprünglichen Lagerung gerissen und irgend wohin geführt werden, wo sie nicht hingehören und nur Irrthümer hervorrufen.

Als Färbeflüssigkeiten benutzte ich vor allem die verschiedenen Carmine, Säurecarmin, Boraxcarmin, Alauncarmin und vor allem Pikrocarmin, das ganz vorzüglich differenzirt; daneben auch Hämatoxylin, Indigcarmin und Anilinfarben. Einbettung in Paraffin, Zerlegen in Schnitte von 0,01—0,0075 mm (vermittelst des Jung'schen Mikrotomes), Aufkleben der Schnitte auf dem Objectträger vermittelst Eiweissglycerin, Einschluss in Canadabalsam erfolgten ganz auf die gewöhnliche Art und Weise.

Wie ich nun aus den sehr zahlreichen, mit Hülfe dieser Methoden gewonnenen Einzelbildern ein Gesammtbild über die Natur der sich hierbei abspielenden Processe zu gewinnen gesucht habe, das soll in den folgenden Abschnitten näher und eingehender dargestellt werden. Ob ich freilich überall das Richtige getroffen, das zu entscheiden muss der Zukunft und Nachuntersuchungen überlassen bleiben; gilt doch, wie kaum anderswo, hier der von Nussbaum[1]) geschriebene Satz: »Die vorliegenden Beobachtungen haben nur den Werth von Augenblicksbildern. Was dazwischen liegt, kann wohl erschlossen, aber auch falsch gedeutet werden.«

Die Reduction des Froschlarvenschwanzes.

I. Allgemeines.

Ueber die ersten Anfänge des Reductionsprocesses, vor allem über einen etwaigen Zeitpunkt, zu welchem derselbe eintreten soll, bestimmte Angaben zu machen, halte ich für völlig unmöglich, auch für werthlos; denn wir werden sehr bald die Ueberzeugung gewinnen, dass die Rückbildung gewisser histologischer Elemente, wenn auch nur vereinzelt, bereits auf einem sehr frühen Entwickelungsstadium anhebt, dass nach und nach immer mehr Theile des Schwanzes und diese in immer rascherer Folge von ihr ergriffen werden, indess zu gleicher Zeit

[1]) Nussbaum, Ueber den Bau und die Thätigkeit der Drüsen. Arch. f. mikr. Anat. XXI. 1882, p. 329.



die progressiven Vorgänge des Wachsthums und der Weiterbildung mehr und mehr aufhören und in den Hintergrund treten, wenn sie auch bis zum Ende der Degeneration des Schwanzes niemals ganz und gar aufhören. Welche Bedeutung dieser eigenthümliche Umstand für die Beurtheilung der Rückbildung des Schwanzes in phylogenetischer Hinsicht hat, werden wir an einer anderen Stelle zu erörtern haben.

Als erstes äusserlich sichtbares Zeichen der eingetretenen Rückbildung wird von Barfurth[1]) die schwarze Färbung der äussersten Schwanzspitze angegeben. Das stimmt allerdings für die Larven unserer Rana temporaria ganz gut, lässt uns aber bei den übrigen der einheimischen Batrachierarten mehr oder minder im Stich, und namentlich da, wo, wie bei den Krötenlarven, der Schwanz schon an und für sich so viel Pigment, namentlich in seinem mittleren, muskulösen Theile aufweist, dass eine noch dunklere Färbung daran nicht gut wahrnehmbar sein würde. Andererseits aber tritt diese Dunkelfärbung der Schwanzspitze auch durchaus nicht überall und nicht gleichzeitig auf, wie ja auch der Durchbruch der vorderen Extremitäten bereits eine äusserlich sichtbare Folge der eingetretenen, inneren Umwandlungs- und Resorptionsprocesse ist.

Gewöhnlich bemerkt man als erstes Zeichen derselben eine etwas trübere und nicht mehr so vollständig durchsichtige Beschaffenheit der Körperhaut, die mit der Zeit zunimmt und zu der sich allerdings kurz darauf meistens die von Barfurth erwähnte dunklere Färbung der äussersten Schwanzspitze gesellt. Ist der Process soweit gediehen, dann folgt die Fortsetzung gewöhnlich mit ausserordentlicher Schnelligkeit; eine Larve des Landfrosches von 40 mm Grösse reducirte ihren Schwanz von 27 mm in nicht ganz 3 Tagen vollständig, und die grossen Larven der Knoblauchskröte, die oft 100 mm und darüber messen und einen Schwanz besitzen, der bei einer Länge von 70 mm an der Basis 12 mm hoch und 10 mm dick ist, verlieren diesen im Verhältniss ausserordentlich grossen Körpertheil innerhalb 8 Tagen so vollständig, dass nur ein kleiner Höcker von einigen Millimetern Höhe noch auf die frühere Existenz des so mächtig entwickelten Ruderapparates hinweist.

Ich werde es in der Folge unterlassen, für die Grössenverhältnisse der Thiere sowohl, wie des Schwanzes und der Extremitäten concrete Maasse anzugeben, da sich herausgestellt hat, dass diese durchaus keinen irgendwie sicheren Maassstab für die Entwicklungsstufe der Larven abgeben; das Verhältniss der Länge des noch vorhandenen Schwanzes zur Länge der völlig erwachsenen und ausgestreckten Hinterextremitäten scheint mir der einzige, einigermaassen sichere Anhalt für den Fortschritt der Reduction zu sein. Auch die Angabe einer Zeitdauer vom Beginne der Degeneration an dürfte einmal bereits auf Grund des oben Gesagten unthunlich sein, und dann geht auch die Resorption des Schwanzes selbst durchaus nicht immer mit gleicher Geschwindigkeit vor sich; dieselbe unterliegt vielmehr zum Theil gar nicht unbeträchtlichen Schwankungen, die durch Temperatur, Jahreszeit etc. bedingt zu sein scheinen.

---

[1]) Barfurth, l. c. p. 36.



Auch glaube ich die Beobachtung gemacht zu haben, dass zu einer gewissen Zeit ein Impuls zur Rückbildung des Schwanzes, wenn man sich dieses Ausdruckes bedienen darf, erfolgt, und dass dann von den Larven eines Laichklumpens die bei weitem grösste Anzahl, von diesem Impulse getrieben, auch die Verwandluug zum definitiven Thiere zu ungefähr gleicher Zeit durchmacht. Eine grössere oder kleinere Anzahl von Larven aber bleibt zurück, trotzdem die Ernährungs- und sonstigen Existenzbedingungen für diese Nachzügler doch zweifellos die gleichen gewesen sind, wie für die bereits verwandelten Individuen [1]; sie bleiben augenscheinlich auf dem bis dahin erreichten Entwickelungsstadium eine längere Zeit stehen, und erst nach Ablauf derselben scheint dann ein neuer Impuls zu folgen. Aber wiederum kommt nur eine Anzahl der Larven zur völligen Verwandlung, ein Rest bleibt wieder zurück, und es kann auf diese Weise geschehen, dass einzelne Larven bis gegen den Herbst hin völlig das bleiben, was sie bis dahin gewesen, während ihre von derselben Eiablage herstammenden Brüder und Schwestern bereits seit lange verwandelt sind und das Wasser verlassen haben.

Dass die Larven der Knoblauchskröte (Pelobates fuscus) gelegentlich auf diese Weise im ersten Jahre gar nicht zur Verwandlung kommen, sondern zur Ueberwinterung gezwungen sind, ist bereits seit längerer Zeit bekannt; dass ein gleiches Verhalten auch bei unserem Wasserfrosch eintreten kann, möchte ich auf Grund einiger entsprechender Beobachtungen fast vermuthen.

In den zwischen je 2 Impulsen gelegenen Intervallen kommen zwar auch Verwandlungen vor, doch bleiben dieselben stets so vereinzelt, dass das Gepräge des schubweisen Eintretens der Verwandlung dadurch nicht verwischt wird. Worin dieses eigenthümliche Verhältniss begründet liegen mag, darüber kann ich hier keine Vermuthungen äussern; so viel scheint mir aber sicher zu sein, dass Wechsel und Ungleichheit der Existenzbedingungen allein zur Erklärung derselben nicht ausreichen.

Gehen wir nun noch etwas näher auf die während der Reductionszeit äusserlich sichtbaren Veränderungen des Schwanzes ein, so lehrt schon eine äussere und oberflächliche Betrachtung, dass die einzelnen histologischen Bestandtheile desselben nicht mit gleicher Leichtigkeit, und infolge dessen auch mit ungleicher Geschwindigkeit von dem Zerfallsprocesse ergriffen und überwältigt werden. Hält man eine Froschlarve, deren Schwanz das Anderthalbfache der Länge der Hinterextremitäten und vielleicht etwas mehr an Länge aufweist, gegen das Licht, so sieht man leicht die helle und durchsichtige Chorda gegen die dunkleren und undurchsichtigeren Pigment- und Muskelmassen der centralen Schwanzpartien sich abheben; meist aber nicht in Form eines geraden, gegen das Ende hin dünner werdenden Stabes, wie im normalen Schwanze, sondern in Form eines geschlängelten und gekräuselten hellen Bandes (cf. Fig. 52, Taf. III.) Diese Ungleichheit in der Reductionsgeschwindigkeit der verschiedenen Gewebe kann soweit gehen, dass der Schwanz, der sonst doch während der Ruhe gewöhnlich eine annähernd senkrecht stehende, ebene Fläche repräsentirt, dieses normale Verhalten aufgiebt und

[1]) Sie waren alle in ein und demselben Aquarium gehalten.

sich entweder nach der einen oder anderen Seite umbiegt, oder aber ganz unregelmässige Krümmungen aufweist, indem namentlich der mittlere, die Chorda enthaltende Theil seitlich mehr oder minder weit aus dieser Ebene sich hervorwölbt, und dem Ganzen einen missgebildeten, contracten Habitus verleiht (vergl. Fig. 50, Taf. IV.); später, nach Reduction des Flossensaumes, werden aber alle diese Ungleichheiten völlig wieder ausgeglichen.

Es ist also mit den Thatsachen nicht im Einklange stehend, wenn Schwegmann[1]), der bei Gelegenheit von Untersuchungen über die Bildung des Steissbeines bei den Fröschen auch über die Rückbildung des Schwanzes einige Bemerkungen macht, behauptet, dass an der Chorda die ersten Zeichen des Zerfalles zu bemerken seien. Im Gegentheil ist es gerade die Chorda, welche den zerstörenden Wirkungen der Reduction den längsten und erfolgreichsten Widerstand entgegensetzt. Wir werden bei der genaueren Darstellung des Zerfalles der Chorda hiervon Weiteres vernehmen.

Der Flossensaum ist es, der zuerst verloren geht; schon nach ganz kurzer Zeit beginnt er seine pralle Form und seine bisher ziemlich scharfe und glatte obere und untere Kante zu verlieren; dieselben runden sich ab und werden stumpfer und stumpfer, während zugleich der Saum selbst immer niedriger wird und seine feste Consistenz, resp. seinen inneren Halt verliert, so dass bereits die leiseste Strömung innerhalb des Wassers ihn lebhaft hin und her bewegt. Später repräsentirt er nur noch einen eben erkennbaren Kamm auf dem muskulösen Theile des Schwanzes, und schliesslich geht auch dieser verloren, so dass die jungen Batrachier auf diesem Stadium mit einem Schwanze ausgestattet sind, der vollkommen dem der Landsalamander, sowohl seiner äusseren Form, als auch seiner Entstehung nach entspricht.

Die Färbung ist während dieser Zeit ebenfalls immer trüber und schmutziger geworden, so dass sich der atrophirende Schwanz deutlich und klar von der unverändert lebhaften und reinen Färbung des Körpers abhebt. (Natürlich können sich diese Angaben nicht auf die jungen Krötenlarven beziehen, deren tief schwarze Färbung erst nach fast vollendeter Metamorphose dem helleren Colorit der ausgebildeten Thiere Platz macht.)

Die weitere Rückbildung geht nun ziemlich rasch vor sich, oft kann man — es gilt dies namentlich von den Larven von Pelobates und Rana esculenta, die ihrer Grösse wegen zu makroskopischen Beobachtungen leichter verwendbar sind, als die übrigen, kleineren Formen — sehr deutlich wahrnehmen, bis zu welchem Punkte die Rückbildung der Hauptmasse der Muskulatur vorgeschritten ist, indem sich, von oben gesehen, der Schwanz an dieser Stelle plötzlich und auffallend verjüngt. (Vergl. Fig. 49, Taf. III.) Doch ist dies durchaus nicht immer und bei allen Individuen wahrnehmbar, wie denn überhaupt der ganze Process individuellen Schwankungen in sehr auffallender Weise unterliegt.

Es braucht wohl kaum erst erwähnt zu werden, dass Hand in Hand mit dem

---

[1]) Schwegmann, Entstehung und Metamorphose der Wirbelsäule von Rana temporaria. Leipziger Dissertation, Halle 1884. p. 24.



zunehmenden Unbrauchbarwerden des Schwanzes die Extremitäten, und namentlich die hinteren, an Stärke und damit zugleich an Verwendbarkeit zugenommen haben. Schon kurz nach dem Hervorbrechen der Vorderextremitäten, und nachdem sich das erste Einsinken der Schwanzflosse bemerkbar gemacht hat, suchen die jungen Fröschchen das Land, oder wenigstens ganz seichte Stellen des Wassers und oberflächlich gelegene Pflanzentheile auf, um hier, den Kopf aus dem Wasser hervorgestreckt, ungestört ruhen zu können. Giebt man ihnen hierzu keine Gelegenheit, so gehen sie unfehlbar zu Grunde. Die jungen Landfrösche und Kröten zeigen dies am auffallendsten, und noch ehe die Reduction völlig vollendet ist, gelegentlich mit einem Schwänzchen noch von halber Länge der Unterextremitäten und darüber, kehren dieselben der Stätte, wo ihre Wiege stand, endgültig den Rücken, um ein neues Leben fern von derselben und unter neuen Existenzbedingungen zu beginnen.

II. Specielles.

Die Zerfallsprocesse der einzelnen Gewebe des Froschlarvenschwanzes.

1. Resorption der Haut.

A. Die Epidermis.

Da die Zerfalls- und Auflösungsvorgänge der verschiedenen Bestandtheile des Thierkörpers naturgemäss an den normalen Zustand derselben anknüpfen und von diesem aus ihren Anfang nehmen, so müsste eigentlich einer Darstellung jener Processe zuvörderst eine ausführliche Schilderung des normalen Verhaltens der einzelnen Gewebe vorausgehen. Ich glaube jedoch, vor allen Dingen, um nicht allzusehr ins Breite zu gerathen, von einer solchen ausführlichen Darstellung der normalen Gewebsstructur absehen zu können, und will nur als Ausgangspunkt für die Schilderung der Reductionsvorgänge in kurzen Zügen auf die Hauptmerkmale des histologischen Aufbaues der betreffenden Bestandtheile eingehen; in Bezug auf die Einzelheiten kann ich auf die zahlreichen, älteren und neueren Arbeiten über die Histologie des Batrachierkörpers verweisen. Nur wenn es sich um die Erörterung und Beantwortung besonderer Fragen handelt, soll auf die normalen Verhältnisse sowohl, wie auch auf die einschlägige Litteratur etwas näher eingegangen werden.

Die Epidermis setzt sich, wie bekannt, während der ganzen Dauer des Larvenlebens allenthalben aus einer höchstens doppelten Lage regelmässig angeordneter Zellen zusammen. Diejenigen der äusseren Schicht sind mehr abgeplattet; sie grenzen mit ihren Rändern dicht aneinander und tragen aussen den Cuticularsaum, dessen feinere Structur namentlich durch Eberth's Untersuchungen[1])

[1]) Eberth, Zur Entwickelung der Gewebe im Schwanze der Froschlarven. Arch. f. mikr. Anat. II. p. 490.

bekannt geworden ist. Die Zellen der unteren Lage haben nicht in allen Fällen die gleiche Form, doch sind sie im allgemeinen mehr cylindrisch, und von den benachbarten durch die von Leydig[1]), Mitrophanow[2]), Flemming[3]), Pfitzner[4]) u. A. ausführlicher beschriebenen, von den Brücken durchsetzten Intercellularlücken getrennt. Zwischen ihnen finden sich in den Schwänzen sämmtlicher von mir untersuchter Batrachierlarven mehr oder minder zahlreich die von Kölliker[5]) neuerdings als Stiftchenzellen beschriebenen Bildungen vor, die ich an frischen sowohl, wie an conservirten Objecten, und zwar auch bei Pelobates und Bufo, in der von Kölliker beschriebenen Ausbildung unschwer auffinden konnte. In Bezug auf die Deutung ihrer physiologischen Function jedoch möchte ich mich mehr der Leydig'schen Ansicht[6]) anschliessen und sie für Drüsenzellen halten; eine Verwechselung derselben mit in die Epidermis eingedrungenen Leukocyten ist bereits von Kölliker[7]) abgelehnt worden und dürfte wohl überhaupt Keinem in den Sinn kommen, der beiderlei Gebilde nebeneinander zur Beobachtung gehabt hat.

Ausser diesen Gebilden habe ich im Schwanze der Larven, wenn auch niemals häufig, die von Leydig[8]) entdeckten, später von F. E. Schulze[9]), Malbranc[10]) und Bugnion[11]) als Hautsinnesorgane beschriebenen Bildungen angetroffen. Dieselben zeigten allerdings nur selten den typischen Bau der ausgebildeten Organe, wie sie bei anderen Thieren vorkommen, schienen aber auf der anderen Seite durch mannigfache Zwischenformen mit den Stiftchenzellen in Verbindung zu stehen. Bemerkenswerth dürfte in dieser Hinsicht auch der Umstand sein, dass ich auf Schnitten durch conservirte Schwänze in augenscheinlich

---

1) Leydig, an verschiedenen Orten, zuletzt: Untersuchungen zur Anat. u. Histol. d. Thiere, und: Zelle und Gewebe. Bonn 1883 und 1886.

2) Mitrophanow, Ueber die Intercellularlücken und Intercellularbrücken im Epithel. Zeitschr. f. w. Zool. XLI. 1885. p. 302.

3) Flemming, Zellsubstanz, Kern- u. Zelltheilung. p. 54.

4) Pfitzner, Die Epidermis der Amphibien. Morphol. Jahrbuch VI. 1880. p. 469.

5) Kölliker, Stiftchenzellen in der Epidermis d. Froschlarven. Zool. Anz. 1885. p. 439; Ders., Histol. Studien an Batrachierlarven. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. XLIII.

6) Leydig, Stiftchenzellen in der Oberhaut der Batrachierlarven. Zool. Anz. 1885. p. 749.

7) Histol. Studien etc. p. 26.

8) Leydig, Ueber die Schleimkanäle der Knochenfische. Müller's Archiv 1850. p. 170; Ders., Ueber Organe eines sechsten Sinnes; zugleich ein Beitrag zur Kenntniss des feineren Baues der Haut bei Amphib. u. Reptil. Nova acta Leop. Carol. XXXIV. 1868; Ders., Hautdecke und Hautsinnesorgane der Urodelen. Morphol. Jahrb. II. 1876. p. 287; Ders., Schwanzflosse, Tastkörperchen und Endorgane der Nerven bei Batrachiern. Arch. f. mikr. Anat. XII. 1876.

9) F. E. Schulze, Ueber die Nervenendigungen in den sogenannten Schleimkanälen der Fische und über entsprechende Organe der durch Kiemen athmenden Amphibien. Reich. u. Dubois-Reym. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1861; Ders., Ueber die Sinnesorgane der Seitenlinie bei Fischen u. Amphibien. Arch. f. mikr. Anat. VI. 1870.

10) Malbranc, Zeitschr. f. wiss. Zool. XXVI. 1868.

11) Bugnion, Organes sensitifs du protée et de l'axolotl. Bull. de la soc. vaudoise des sc. nat. XII. 1873. p. 259.



den Stiftchenzellen entsprechenden Gebilden in der Nähe des mittleren, dickeren Schwanztheiles manchmal Kernfiguren verschiedener Form antraf. Von Mitrophanow ist andererseits[1]) auf den Zusammenhang der Stiftchenzellen mit den Leydig'schen und den Rudneff'schen Zellen hingewiesen und die drüsige Natur derselben als wahrscheinlich hingestellt worden.

Ich selbst habe diese Verhältnisse nicht weiter verfolgt, da sie von dem eigentlichen Gegenstande der Arbeit zu weit abführten, und lege infolgedessen auf die oben angedeutete Vermuthung betreffs des Zusammenhanges der in Rede stehenden Gebilde kein besonderes Gewicht. Doch will ich nicht unterlassen, hier auf die einschlägigen Beobachtungen und Aeusserungen Leydig's[2]) hinzuweisen, dass »den Sinneszellen und Drüsenzellen ein gewisser verwandtschaftlicher Zug innewohnt«. Die genannten Beobachtungen können nur zu Gunsten dieser Ansicht sprechen; jedenfalls aber sind die gegenseitigen Beziehungen aller dieser Gebilde zu einander und zu den Hautorganen der erwachsenen Frösche noch bei weitem nicht klar gelegt, und es geschieht gewiss nicht mit Unrecht, wenn Leydig[3]) empfiehlt, »der Epidermis der Froschlarven ein besonderes Studium zu widmen und die Umbildungen zu verfolgen, welche von der Larve zum fertigen Thier sich abspielen«.

In den Intercellularlücken der Epidermis des Schwanzes finden sich bei den von mir untersuchten Arten meinen Erfahrungen nach Pigmentzellen nur in spärlicher Anzahl vor; auch Leukocyten, deren Vorkommen in Epithelien aller Art nach den neueren Anschauungen[4]) als etwas Normales aufzufassen sein dürfte, kommen zwischen den Epidermiszellen des normalen, ebenso wie des in Reduction befindlichen Schwanzes in mässiger Anzahl vor, und zeigen im allgemeinen keine Abweichungen von dem Verhalten, wie es in den genannten Arbeiten von ihnen geschildert ist.

Was nun das Verhalten der Epidermis bei der Rückbildung des Schwanzes anbelangt, so will ich zuvörderst hervorheben, dass sie zum Theil nicht erhalten bleibt, sondern verloren geht; es sind dies die obersten Zellenlagen, welche im Laufe der Entwickelung ganz allgemein schichtenweise auf der gesammten Körperoberfläche absterben und bei der Häutung abgeworfen werden. Eine solche Abschuppung der äussersten Epidermiszellen findet auch während der Reduction des Schwanzes statt, jedoch kommt hier die abgestorbene Zellenlage niemals in toto, sondern stets in kleineren Partien, vielfach auch in einzelnen Zellen zur Abstossung.

Eine Neubildung des Cuticularsaumes scheint nach Verlust der vorhergehen-

---

[1]) Mitrophanow, Die Nervenendigungen im Epithel der Kaulquappen und die »Stiftchenzellen« von Prof. A. Kölliker. Zool. Anz. 1886. No. 232. p. 548.

[2]) Leydig, Zelle und Gewebe. Bonn 1885. p. 103 ff.

[3]) Leydig, in Zool. Anz. 1885. p. 751.

[4]) Vergl. hierzu die Arbeiten von List, J. H., Ueber Wanderzellen im Epithel. Zool. Anz. 1885. No. 198. p. 309; Ders., Ueber Wanderzellen im Epithel. Arch. f. mikr. Anat. XXV. 1885. p. 264; Ders., Zur Morphologie wandernder Leukocyten. Arch. f. mikr. Anat. XXVIII. 1886. p. 251; ferner Pfitzner, Die Epidermis der Amphibien. Morphol. Jahrb. VI. 1880, etc.

den Zellschicht während der Rückbildung nicht, wenigstens nicht in der früheren, typischen Weise stattzufinden; während die von Eberth (l. c.) beschriebene Structur desselben an jungen Larven bei einiger Aufmerksamkeit unschwer zu erkennen ist, habe ich mich später nie von dem Vorhandensein ähnlicher Bildungen auf der Oberfläche der Haut überzeugen können; vielfach hatte es sogar den Anschein, als ob ein neuer Cuticularsaum überhaupt nicht mehr zur Differencirung käme.

Ausserdem wird durch den Umstand, dass die äusseren Hautzellen nicht immer schichtenweise, sondern oft einzeln absterben und verloren gehen, während die benachbarten noch erhalten bleiben, der früher völlig glatten Oberfläche oft auf grössere Strecken eine unregelmässig runzelige Beschaffenheit ertheilt. Erhöht wird diese Runzelung noch dadurch, dass namentlich auf späteren Reductionsstadien gar nicht selten der Schwund der Epidermis mit dem der im Inneren des Schwanzes gelegenen Gewebe nicht gleichen Schritt hält, sondern etwas zurückbleibt. Dadurch kommt es, dass die Haut, namentlich in der Nähe der Basis des Schwanzes, oft eine feine Querfaltung bekommt, die sich an conservirten sowohl, wie an lebenden Thieren leicht beobachten lässt.

Abgesehen aber von den erwähnten, äussersten Zellenlagen der Haut, geht die gesammte übrige Masse der Epidermis nicht verloren; sie wird vielmehr aufgelöst, und das zu ihrem Aufbau verwandte Material als Nahrung für den Organismus wieder verfügbar gemacht.

Die Resorption findet aber immer so statt, dass während der ganzen Verwandlungsdauer die Haut um den Körper allseitig in ununterbrochener Lage erhalten bleibt, wie dies schon von Barfurth richtig hervorgehoben worden ist: Trennungen dieser Continuität treten niemals ein, und auch gewaltsame Störungen derselben werden so bald als möglich ausgeglichen und selbst grössere Defecte in kürzester Frist ersetzt; doch scheint mir diese Regeneration der Epidermis, namentlich auf späteren Stadien, weniger durch rege Theilung und Proliferation der am Wundrande und in dessen Umgebung gelegenen Zellen vor sich zu gehen, als vielmehr dadurch, dass diese Zellen, wie es bereits von Fraisse[1]) angedeutet wird, unter allmählicher Aenderung ihrer Form niedriger und dabei zugleich flächenhafter werden; indem sie gleichzeitig aus einander weichen und sich in eine geringere Zahl von übereinanderliegenden Schichten umordnen, sind sie leicht im Stande, eine bedeutend grössere Fläche zu bedecken, als früher; ich will jedoch hiermit durchaus nicht gesagt haben, dass nicht auch durch Theilung und Neubildung von Zellen, namentlich später, zur Ausgleichung des Defectes beigetragen wird. Denn die Epidermiszellen behalten bis zu ihrem Zerfall ihre volle Lebensenergie und Theilungsfähigkeit unverändert bei; noch in dem nur einige Millimeter langen Schwanzstümpfchen kann man bei geeigneter Conservirung und Färbung karyokinetische Figuren der verschiedensten Phasen in den Zellen der Oberhaut, oft in sehr reicher Anzahl, vorfinden, ganz gleich-

[1]) Fraisse, Die Regeneration von Geweben und Organen bei den Wirbelthieren, besonders Amphibien und Reptilien. Cassel und Berlin 1885. p. 55.



gültig, ob den betreffenden Thieren während der Verwandlungszeit Futter gereicht worden ist, oder nicht.

Vergegenwärtigt man sich hierbei weiter, dass auch der erste Anfang der Rückbildung, d. h. ein vereinzelter Zerfall von Gewebselementen, bereits zu einer Zeit aufzutreten beginnt, wo das Wachsthum des Schwanzes noch nicht völlig abgeschlossen ist, so hat man die eigenthümliche Thatsache vor sich, dass Vorgänge progressiver und regressiver Natur in directer und unmittelbarer Nähe von einander und gleichzeitig Platz greifen, eine Beobachtung, die wir nicht nur bei der Epidermis machen können, sondern in mehr oder weniger auffallender Weise auch bei den anderen Geweben des Froschlarvenschwanzes wiederfinden werden. Dieser Umstand allein ist es, der dem degenerirenden Schwanze die bemerkenswerthe Fähigkeit verleiht, nicht nur etwaige Defecte zu ersetzen, sondern, trotzdem er in Rückbildung begriffen ist, sogar eine Regeneration verlorener Theile einzuleiten und bis zu einem gewissen Grade durchzuführen.

Naturgemäss ist die Zahl der zerfallenden Zellen im Anfange nur eine geringe; später nimmt dieselbe jedoch immer mehr zu. Stets aber sind es nur diejenigen der unteren Lage, welche die Degenerationserscheinungen aufweisen, niemals die der oberen, die immer dicht an einander gelagert bleiben und so eine feste Schutzdecke für die im Inneren des Schwanzes liegenden Gewebselemente bilden. Da nun die Epidermis diesen letzteren zu jeder Zeit dicht anliegen bleibt, so versteht es sich von selbst, dass sie mit der zunehmenden Verkürzung des Schwanzes auch selbst nicht unbeträchtlich an Flächenausdehnung abnehmen muss; dies geschieht nun einmal dadurch, dass die in der Nachbarschaft einer obliterirten Zelle gelegenen Zellen zusammenrücken und deren Raum einnehmen, vor allem aber dadurch, dass die früher regelmässig zweischichtige Zusammensetzung der Haut einer mehrschichtigen weichen muss.

Der Zeitpunkt, zu welchem diese Vermehrung der Hautzellenlagen eingeleitet wird, ist je nach den einzelnen Species verschieden, oft auch bei Individuen derselben Art nicht unbeträchtlich wechselnd. In sehr vielen Fällen pflegt auch dem Verdickungsprocess noch ein einleitendes Stadium vorauszugehen, auf dem sämmtliche Zellen, aber nur der unteren Lage, deutlich die Spuren des seitlichen Druckes zur Schau tragen, indem sie die früher mehr oder minder cubische Gestalt mit einer oft sehr langen und schmalen Cylinderform vertauscht haben (cf. Fig. 8, Taf. I). Doch ist dies durchaus nicht immer, und oft wenigstens nicht in so ausgesprochenem Maasse der Fall, wie oben angegeben; auch sind die betreffenden Stadien niemals scharf von einander getrennt, sondern fallen zeitlich und räumlich nicht selten zum grossen Theile zusammen, so dass man während der Verlängerung der Zellen auch die Bildung einer neuen Schicht constatiren kann.

Diese geht nun so vor sich, dass, wie man von diesem Zeitpunkte ab auf jedem Schnitte durch die Haut beobachten kann, aus der unteren Lage eine ganze Anzahl von Zellen in die Höhe gedrängt wird, so dass diese nur noch mit den mehr oder weniger stark verjüngten Enden zwischen ihren ursprünglichen

Nachbarn stecken, während die grösseren, verbreiterten und den Kern enthaltenden Theile der Zellen bereits zwischen die obere und untere Lage eingedrungen sind, und sich dort zu einer dritten, zunächst einfachen Schicht zu gruppiren beginnen.

Dieser Verdickungsprocess der Epidermis nimmt nun mit fortschreitender Reduction des Schwanzes stetig zu; aus den drei vorher vorhandenen Lagen werden vier, die freilich nicht immer ganz regelmässig angeordnet sind u. s. w.; es kann so weit kommen, wie es namentlich bei Pelobates fast regelmässig der Fall ist, dass man an dem letzten, ungefähr noch 5—8 mm messenden Schwanzstummel an der Basis 16—18 Lagen von Zellen übereinander zählen kann. Die Haut des Schwanzstummels erreicht so eine viel bedeutendere Dicke, als sie die den Thierkörper überziehende Haut irgendwo aufzuweisen vermag, ein Verhältniss, was man auch gerade bei Pelobates, schwieriger und nicht so ausgesprochen auch bei den kleineren Rana- und Bufolarven mit blossem Auge beobachten kann; es fällt hier die Haut des Schwanzstummels in einer sehr scharfen und deutlich ausgesprochenen Kante gegen die des übrigen Körpers ab; Fig. 1 u. 2 (Taf. I) sollen dies veranschaulichen.

Es beruht demnach wohl ohne Zweifel auf einem Irrthum, wenn Barfurth [1]) angiebt, dass »die schrumpfende Epidermis gewöhnlich aus 2 Zellenlagen besteht«; wie erwähnt, bleibt die Zweischichtigkeit nur während der allerersten Stadien der Degeneration bestehen; eine Verdickung der Haut durch weisse Blutkörperchen, wie sie ebendaselbst von Barfurth erwähnt wird, habe ich gleichfalls nicht gefunden, wie ich denn bereits bei Schilderung des normalen Verhaltens der Epidermis hervorgehoben habe, dass niemals eine irgendwie auffällig grosse Zahl von Leukocyten in der (selbstverständlich unter normalen Verhältnissen) atrophirenden Froschhaut aufzufinden war.

Ausserdem erwähnt Barfurth (ibid.) noch das gelegentliche Auftreten einer einzigen Zellenlage an Stelle der sonst mehrschichtigen Epidermis; obgleich ich nun ein solches Vorkommen niemals zu beobachten Gelegenheit hatte, will ich doch die Möglichkeit desselben nicht geradezu in Abrede stellen, meiner Ansicht nach kann es aber nie mehr als den Werth eines zufälligen Productes beanspruchen, hervorgebracht dadurch, dass wahrscheinlich die oberen Hautzellenlagen aus irgend einem Grunde, sei es infolge selbstständiger Abstossung der Zellen, sei es infolge Verlustes derselben durch die Behandlung, verloren gingen.

Der Zerfall und die Resorption der ersten vereinzelten Epithelzellen geht nun unter sehr eigenthümlichen Umständen vor sich, die sofort die dem Untergange anheimfallenden Zellen vor den übrigen in der Nachbarschaft gelegenen kenntlich machen. Dieselben liegen auch stets nur in der Nähe der Spitze des Schwanzes und hier wiederum vorzugsweise in der Kante des Flossensaumes und dessen Nähe; viel seltener in der Fläche; erst auf weiter vorgeschrittenen Stadien breiten sie sich auch auf diese aus.

Man sieht hier zunächst, wie der Zellenleib sich etwas auftreibt und die früher

[1]) Barfurth, l. c. p. 40.

mehr oder weniger regelmässig cylindrische Form mit der kugelförmigen zu vertauschen beginnt; der Kern scheint ebenfalls bei diesem Processe betheiligt, indem er meist eine etwas gequollene Beschaffenheit annimmt, sonst aber vor der Hand keine weiteren Veränderungen zeigt. Diese gehen hauptsächlich an dem Protoplasma der Zellen vor sich; während dasselbe in den unveränderten Zellen sich stets in gewissem Maasse mit Farbstoffen imbibirt, beginnt diese Fähigkeit jetzt bedeutend geringer zu werden. Man sieht in den kugelförmig aufgetriebenen Zellen um den Kern herum, oder nur an einer Seite desselben gelegen eine blasse Protoplasmamasse, und theils in dieser, theils neben ihr eine grössere oder geringere Anzahl von isolirten Pigmentkörnchen, die sich um den Kern herum und an der Peripherie meist am dichtesten ansammeln.

Rings um diesen pigmenthaltigen Protoplasmakörper mit dem Kerne befindet sich nun stets ein anfangs nur schmaler, später grösser werdender, anscheinend leerer Raum, so dass die betreffenden Gebilde in einer Vacuole gelegen zu sein scheinen.

Die auf die angegebene Weise blasig aufgetriebenen Epidermiszellen nehmen nun mit dem fortschreitenden Zerfallsvorgang nicht unbeträchtlich an Volumen zu, so dass die Nachbarzellen und ihre Kerne sehr platt gedrückt, zum Theil auch in die ihre Entstehung nehmende dritte Epidermisschicht emporgedrängt werden. (cf. Fig. 5, Taf. I.) Gleichzeitig mit der zunehmenden Quellung wird die pigmenthaltige Protoplasmamasse immer blasser und durchsichtiger und entzieht sich schliesslich der Wahrnehmung völlig; die Pigmentkörnchen werden dann, augenscheinlich auch in vermehrter Zahl, frei im Inneren der Blase vorgefunden; ausserdem sind aber jetzt, freilich nicht in allen Fällen gleich deutlich nachweisbar, kleine, rundliche, ausserordentlich stark glänzende und sich stark färbende Kügelchen in wechselnder Zahl (meist 1—3) aufgetreten (0,004 mm), die sich öfter von kleinen, runden und sehr blassen Höfen umgeben zeigen und das Bild kleiner, ovaler Zellen vor die Augen führen. Ihre Zahl ist, wie gesagt, wechselnd, besonders auffällig aber ist es, wie diese Gebilde nicht nur in ihrer äusseren Form, sondern auch in ihrem Verhalten Reagentien oder Farbstoffen gegenüber fast genau dem Verhalten der Kerne rother Blutkörperchen sich anschliessen, von denen sie sich nur durch ihre bedeutend geringere Grösse unterscheiden. Die Abbildungen Fig. 3, 5, 11 Taf I. mögen davon eine Anschauung geben; was sie ihrer Natur nach sein dürften, das werden wir später sehen.

Der Zellenkern hat während aller dieser Veränderungen, die mit wechselnder Geschwindigkeit an dem Zellenleibe vorzugehen scheinen, seine frühere Form und Beschaffenheit nicht ganz beibehalten, es ist zu bemerken, dass er jetzt in nicht seltenen Fällen etwas geschrumpft erscheint und meist etwas blasser geworden ist, während die in ihm enthaltene chromatische Substanz sich zu ziemlich groben Körnern, die kaum noch durch Fäden verbunden sind, zusammengezogen hat. Ein Kernkörperchen ist meist in der Einzahl noch deutlich nachweisbar.

Es ist überhaupt ein eigenartiges Merkmal der degenerirenden Haut, dass die Kerne der Epidermiszellen, namentlich auf Schnittpräparaten, ein recht verschiedenes und ungleichmässiges Aeussere zur Schau tragen, das nicht allein in

der Form, sondern besonders auch in dem gegenseitigen Verhältniss zwischen chromatischer und achromatischer Substanz sich geltend macht. Dazu kommt weiter, dass Kerne von nahezu gleichem Aussehen nicht eine regelmässige Anordnung, etwa in den verschiedenen Schichten der Haut aufweisen, sondern dass sie sich augenscheinlich ohne jedes Princip, bald hier, bald dort, bald in höheren, bald in tieferen Lagen vertheilt finden.

Indessen geben diese verschieden aussehenden Kerne einen trefflichen Beleg für die Wahrheit des von Pfitzner[1]) aufgestellten Satzes, dass alle Störungen im Zellleben sich stets auch in einer qualitativen oder quantitativen Veränderung seiner (i. e. des Kernes) Substanz oder seiner Form äussern, und zwar mit solcher Sicherheit, dass wir gelegentlich auch diese Veränderungen benutzen können, um auf die im Zellleben obwaltenden Verhältnisse zurückzuschliessen (l. c. p. 280). Und dass sich gerade die Kerne der zerfallenden oder bereits zerfallenen Epithelzellen durch unregelmässige Contouren und plumpere Chromatinstructur auszeichnen, spricht im Anschluss an die Pfitzner'schen Beobachtungen dafür, dass diese genannten Veränderungen Begleiterscheinungen des herannahenden Todes des Kernes und der Zelle sind.

Dass dann andererseits die Zwischenstadien zwischen diesen veränderten und den noch vollkommen ihren normalen Habitus mit typischem Kerngerüst tragenden Kernen als Uebergänge von dem lebenskräftigen Zustande zum allmählichen Tode sind, ist eine naheliegende Annahme.

Ein anderes Verhalten, als diese degenerirenden, aber für den Thierkörper nicht verloren gehenden Kerne, zeigen diejenigen der an der Oberfläche des Schwanzes zur Abstossung gelangenden Zellen. In diesen gehen zwar auch Veränderungen und Umsetzungen der chemischen Bestandtheile vor sich, das Resultat ist aber hier ein anderes, wie sich auch aus dem Verhalten der Zellen Farbstoffen gegenüber schliessen lässt. Während sich nämlich das Protoplasma gar nicht färbt, zeigt der Kern, der, entweder ganz, oder in eine Anzahl Bröckel zerfallen, eine Structur nicht mehr aufweist, eine sehr starke Färbbarkeit, die um so stärker hervortritt, als, wie erwähnt, der Zellinhalt sich gar nicht mehr imbibirt[2]).

In dem oben geschilderten, stark gequollenen und blasig aufgetriebenen Zustande nun scheinen die Zellen, oder vielmehr deren Zerfallsproducte, längere Zeit erhalten zu bleiben; denn man trifft gelegentlich auf Schnitten durch Schwänze kurz nach dem Durchbruch der vorderen Extremitäten in der unteren Hautzellenlage Blase neben Blase an, so dass die gesammte Haut im Vereine mit den in den Blasen auftretenden, stark gefärbten Eiweisskügelchen einen geradezu frappirenden, kaum noch an ein Epithel erinnernden Eindruck macht. Obgleich ich nun die in Rede stehende Art des Zerfalles bei allen von mir untersuchten Arten beobachten konnte, ist mir dabei doch aufgefallen, dass, sowohl was die Massenhaftigkeit, als auch was die Zeit des Auftretens der Blasenbildung anbelangt,

[1]) Pfitzner, Zur pathologischen Anatomie des Zellkerns. Virchow's Archiv, CIII. Bd. 1886. p. 275.

[2]) Vergl. hierzu: Renaut, Sur l'évolution épidermique et l'évolution cornée des cellules du corps muqueux de Malpighi. Comptes rendues CIV. 1887. p. 247.



nicht unbedeutende Schwankungen und Verschiedenheiten, selbst bei Angehörigen derselben Art und unter sonst ziemlich gleichen Existenzbedingungen vorkommen können. Ich werde bei anderer Gelegenheit noch Veranlassung haben, auf diese Verhältnisse zurückzukommen, hier mag lediglich das Faktum hervorgehoben sein.

Barfurth scheint diese degenerirten Epidermiszellen nicht gesehen zu haben, obgleich das in Fig. 6 Taf. I von ihm gezeichnete Bild, das aber einer Hautdrüse aus der Nähe des Steissbeines eines fast völlig verwandelten Fröschchens angehören soll, sowie die dazu gegebene Beschreibung[1]) ohne grosse Aenderung auch auf die fraglichen Gebilde ihre Anwendung finden könnte. Dagegen beschreibt Kölliker[2]) als lymphoide Elemente im Inneren der Epidermiszellen Gebilde, die »zum Theil farblos, zum Theil mit grösseren oder kleineren gelbrothen, braunen oder schwärzlichen Pigmentkörnern von verschiedener Grösse versehen, einfach oder doppelt, oft deutlich kernhaltig, gewöhnlich wie in einem besonderen, scharf begrenzten Hohlraume der Zelle gelegen sind«. Ohne Zweifel sind diese Bilder auf die oben eingehend beschriebenen, zerfallenen Epidermiszellen zu beziehen, wenn ich auch naturgemäss der von Kölliker gegebenen Deutung dieser Gebilde als eingewanderter Lymphzellen nicht mich anschliessen kann.

Ehe wir nun auf das fernere Schicksal dieser zerfallenen Zellen eingehen, dürfte es zweckmässig sein, zunächst eine Deutung dieser am conservirten und geschnittenen Objecte gemachten Beobachtungen zu versuchen. Ich glaube dabei das Wahrscheinlichste zu treffen, wenn ich die oben eingehend geschilderten Veränderungen des Zellenkörpers zurückführe auf eine Zersetzung des Protoplasmas oder, genauer ausgedrückt, auf eine Dissociation der verschiedenen Eiweissverbindungen, welche unseren heutigen Anschauungen zufolge in mannigfach wechselnden Mischungsverhältnissen das Protoplasma der lebenden Zelle zusammensetzen und das Substrat für die verschiedenen Functionen und Lebensäusserungen des Zellenkörpers abgeben.

Ohne hier auf die Gründe näher eingehen zu wollen, welche diese eigenthümlichen Umänderungen bedingen mögen, — dieselben werden am Schlusse den Gegenstand einer besonderen Erörterung bilden — würde sich der Scheidungsprocess dann ungefähr so vollziehen, dass der Kern vor der Hand intact bleibt und nur das Protoplasma der Zelle die Veränderungen eingeht; es scheidet sich zunächst eine mehr dünnflüssige, organische Substanz aus dem Protoplasma ab, welche den Körper der Zelle gleichsam ödematös auftreibt und in den meisten Fällen eine vacuolenartige Bildung um die Ueberreste darstellt. Diese Flüssigkeit aber dürfte vielleicht nicht lediglich der Substanz der zerfallenden Zelle ihren Ursprung verdanken, sondern vielmehr aus einer complicirten Wechselwirkung zwischen dem Eiweiss der Zelle und der dieselbe umgebenden lymphatischen Leibesflüssigkeit entstanden sein. Ich denke hierbei vor allem an die so eigenthümlichen und wenig aufgeklärten Erscheinungen der Diffusion von Flüssigkeiten durch

---

[1]) Barfurth, l. c. p. 41.

[2]) Kölliker, Histol. Stud. etc. p. 26.

thierische Membranen, deren Resultate stets in ganz constanter Weise bedingt werden durch die Qualität und die Quantität der in den betreffenden Flüssigkeiten gelösten Stoffe. Ich werde später hierauf ausführlicher zurückkommen.

Die Zelle giebt also zuerst die am leichtesten lösliche Eiweissverbindung ab; der Ueberrest bleibt eine Zeit lang erhalten, um jedoch später ebenfalls gelöst zu werden; dass aber bei diesen Vorgängen nicht lediglich Vorgänge physikalischer, sondern auch chemischer Natur mitwirken, dürfte das Auftreten der Pigmentkörnchen sehr wahrscheinlich machen, die man als unlösliche, bei den inneren Umsetzungen entstehende Zersetzungsproducte auffassen könnte.

Eine dritte, stark glänzende und stark färbbare Masse, die sich augenscheinlich auch durch eine zähflüssigere Beschaffenheit auszeichnet, bleibt in Form der erwähnten rundlichen Kügelchen erhalten. Da gerade diese Kügelchen durch starke Färbbarkeit sich auszeichnen, während im Gegensatz zu ihnen das übrige Protoplasma der degenerirenden Zelle durch völligen Mangel derselben sich auszeichnet, so kann ich die Vermuthung nicht unterdrücken, es möchten diese stark gefärbten Substanzen dem sich stärker färbenden Schwammgerüst der lebenden Zelle (Substantia opaca Leydig[1]), Spongioplasma) ihre Entstehung verdanken, während der leichter flüssige und hellere Theil des Zellprotoplasmas, die Substantia hyalina, Hyaloplasma, ebenfalls zu einem Ganzen zusammenfliesst, und die erwähnten Veränderungen des Zelläusseren bewirkt.

Dass nun die hier beschriebenen Veränderungen an den Epidermiszellen nicht etwa zufällige Bildungen sind, beweist einmal die Häufigkeit und Gesetzmässigkeit ihres Vorkommens, anderntheils aber auch der Umstand, dass man sie vielfach am lebenden Thiere zu beobachten in der Lage ist. Untersucht man irgend eine Batrachierlarve, deren Schwanz nicht zu stark pigmentirt ist, um die Zeit des Durchbruches der vorderen Extremitäten, so gewahrt man leicht und ohne grosse Mühe in der Peripherie des Flossensaumes die blasig aufgetriebenen Zellen in verschiedener Anzahl. Eine Untersuchung bei stärkerer Vergrösserung ist unter diesen Umständen leider unthunlich, da die Dichtigkeit des Protoplasmas der Hautzellen, sowie eine fast immer vorhandene diffuse Pigmentirung nichts weiter erkennen lässt. Schabt man jedoch mit dem Rasirmesser etwas von der Haut in der Nähe des Flossensaumes ab und untersucht das so Erhaltene in Salzlösung, so gelingt es nicht selten, die degenerirenden Zellen auf den verschieden weit vorgeschrittenen Stadien der Auflösung und Dissociation anzutreffen. Man begegnet dann unter einer grösseren Anzahl von Hautfetzen und einzelnen isolirten Epidermiszellen, allerdings nur sehr spärlich, auch solchen, die ganz die oben beschriebene Beschaffenheit zeigen.

Der oft glatt, oft aber auch unregelmässig, stets aber scharf und klar contourirte Kern zeigt im Inneren einen blassen, hyalinen, mit einzelnen gröberen Chromatinkörnern durchsetzten Inhalt; um denselben herum findet sich stets eine dickere oder dünnere Zone feinkörnigen Protoplasmas, das die Pigmentkörnchen enthält, und nach aussen ohne scharfe Grenze in einen Mantel völlig hyaliner, glas-

[1]) Vergl. Leydig, Unters. z. Anat. u. Histol. etc. p. 143.



artig durchsichtiger Substanz übergeht, die aussen von der Rindenschicht der Zelle begrenzt wird.

Dass diese Gebilde, obgleich sie auf Schnitten durch die entsprechenden Reductionsstadien immer in grösserer Zahl getroffen werden, hier so selten zur Beobachtung kommen, erkläre ich mir aus den Insulten der Behandlung, durch die diese weichen und vergänglichen Gebilde äusserst leicht zerstört werden; die auf Schnitten beobachteten, am weitesten vorgeschrittenen Stadien habe ich im frischen Zustande überhaupt nicht zu Gesicht bekommen.

Gelegentlich trifft man auch Zellen an, die, sonst noch normal, in ihrem Inneren meist in der Nähe des Kernes, ein oder zwei vacuolenartige, mit hyalinem Inhalte gefüllte Gebilde aufweisen, die in anderen Zellen an Zahl noch zugenommen haben, und Anfangsstadien von dem Zerfalle des Zelleninhaltes zu sein scheinen.

Bemerkenswerth ist nun, dass diese Tropfen einer blassen hyalinen Substanz gar nicht selten auch in den Zellen der äusseren Lage zur Beobachtung kommen. Schon wenn man bei Untersuchung des Schwanzes am lebenden Thiere auf die oberste Hautzellenlage einstellt, bemerkt man oft in dieser ein feines Netz, eine Zeichnung, die, wie sich bei näherer Betrachtung herausstellt, dadurch zu Stande kommt, dass in den Epidermiszellen mehr oder minder zahlreiche, völlig hyaline Flecke, Vacuolen, auftreten, die zwischen sich nur schmale Stränge körnigen Protoplasmas übrig lassen, und oft so dicht an den Kern herantreten, dass dieser in seinem Umfange wie eingekerbt erscheint. Ein Zusammenfliessen dieser Vacuolen zu einer einheitlichen Masse ist mir niemals aufgefallen, doch ist es mir nicht unwahrscheinlich, dass es sich auch hier um eine Zersetzung der Zellsubstanz handelt; da aber diese letztere hier infolge der Berührung mit dem umgebenden Medium eine mehr oder minder weitgehende, innere Umwandlung erlitten hat, so dürfte eine völlige Resorption des Inhaltes nicht mehr möglich sein. Das ganze Verhalten der Zellen, vor allem die Bildung der Vacuolen, macht indessen den Eindruck, als sollte auch von ihnen soviel, als irgend möglich, Material für den Organismus gerettet werden.

Es findet also die Auflösung, resp. Degeneration der Epidermis in der Weise statt, dass der Inhalt vereinzelter, später immer zahlreicherer Zellen in verschiedene Bestandtheile zerfällt, die je nach ihrer grösseren oder geringeren Löslichkeit in der Körperflüssigkeit ein verschiedenes Schicksal erfahren. Während die leichter flüssigen wahrscheinlich ziemlich schnell in Lösung gehen und fortgeführt werden, runden sich die zäheren zu kugeligen Gebilden ab, die zugleich mit den während dieser Vorgänge gebildeten Pigmentkörnchen später nach Resorption der Cutis in das Bindegewebe des Flossensaumes übertreten, wo sie auf Schnitten unschwer wieder aufgefunden werden können. Ich werde bei Darstellung der Reductionserscheinungen der Cutis noch weiter hiervon zu sprechen haben. (Fig. 6 Taf I.)

Die bis jetzt geschilderten Bilder von dem Zerfalle der Epidermiszellen lassen sich von Anfang der Degeneration des Schwanzes bis ungefähr zu der vollendeten Resorption des Flossensaumes fast auf jedem Schnitte ohne Schwierigkeit beobachten; es ist nun auf den ersten Blick jedenfalls frappant, dass von diesem Zeit-

punkte ab, öfters auch schon nicht unbeträchtlich früher, zu einer Zeit also, wo in der Haut bereits 4 Zellenlagen und mehr über einander aufgefunden werden, die blasige Entartung der Zellen sehr viel seltener sich beobachten lässt, und einem scheinbar anderen, sehr viel einfacheren Processe Platz macht, der allein, wie es scheint, von Barfurth gesehen und als Schrumpfung bezeichnet worden ist[1]).

Wenn nun auch mit dem Worte Schrumpfung nicht viel gesagt ist, so bleibt die Beobachtung entschieden richtig; nur zeigen sich die Zellen der Haut nicht »von den allerersten Stadien der Atrophie an« geschrumpft, sondern erst von der oben näher bezeichneten Entwicklungsphase ab. Es lässt sich an den so geschrumpften Epidermiszellen als weitere Eigenthümlichkeit erkennen, dass, während der Kern seine Beschaffenheit nur wenig ändert, das Protoplasma der Zelle blasser, die in demselben suspendirten, gefärbten Körnchen, wie überhaupt das Schwammgerüst, soweit es erkennbar, etwas gröber werden; charakteristisch vor allem aber ist das regelmässige Auftreten von einer grösseren oder geringeren Anzahl freier Pigmentkörnchen in demselben, die sich meist an der Peripherie der Zelle am dichtesten anhäufen, ein Anzeichen, dass auch hier im Inneren des Zellorganismus Veränderungen physikalischer und chemischer Natur vor sich gegangen sind.

Wie aber verhalten sich nun diese Vorgänge zu den früher auftretenden? Tritt jetzt mit einem Male ein neuer Modus des Zerfalles ein, oder bleibt der alte bestehen und tritt nur in etwas modificirter Art und Weise in die Erscheinung? Offenbar ist das letztere der Fall! Aus irgend einem Grunde, über den ich erst später einige Vermuthungen äussern werde, erfolgte im Anfange der Rückbildung des Schwanzes eine Zersetzung[2]) der Zellen, ohne dass sofort eine Auflösung der gebildeten Producte eintrat; dieselben blieben eine Zeit lang der Wahrnehmung mit dem Auge zugänglich; nicht so später: da gehen die betreffenden Producte, wenigstens theilweise, sofort in Lösung über und ihre Bildung kann nur erschlossen werden aus dem abnehmenden Volum der Zelle und dem Auftreten der Pigmentkörnchen.

Dass der Process in Wirklichkeit auf diese oder ähnliche Weise verläuft, dafür scheint mir auch ein anderer Umstand zu sprechen. Zerzupft man ein Stückchen der degenerirenden Epidermis auf dem Objectträger und untersucht es in indifferenter Kochsalzlösung, so tritt zunächst längere Zeit kein irgendwie bemerkenswerthes Phänomen ein; die in dem Präparate gleichzeitig vorhandenen rothen Blutkörperchen behalten, soweit es ihre optisch wahrnehmbaren Eigenschaften betrifft, ihr normales Verhalten bei; die ebenfalls vorhandenen weissen

---

1) Barfurth, l. c. p. 39.

2) Das Wort Zersetzung wird zwar gewöhnlich im chemischen Sinne für den Zerfall einer chemischen Verbindung in Componenten einfacherer Zusammensetzung gebraucht; da mir jedoch gerade kein besseres zu Gebote steht, so möge es gestattet sein, dasselbe für die hier stattfindenden Processe zu verwenden, welche, wie ich glaube, zur Hauptsache in einer Dissociation der verschiedenen Eiweissarten der Zelle bestehen und von chemischen Umsetzungen begleitet werden.

Blutzellen entsenden ihre Fortsätze und bewegen sich: es scheint die Annahme wohl gerechtfertigt, dass die körperlichen Bestandtheile des Präparates ihre Lebensfähigkeit noch in vollem Maasse besitzen.

Nach einiger Zeit nun, die Länge derselben ist wechselnd je nach den Umständen, treten an den Epidermiszellen, die in dem Präparate, sei es einzeln, sei es zu grösseren Hautpartien noch vereinigt vorhanden sind, eigenthümliche Veränderungen ein, ohne dass jedoch gleichzeitig an den rothen und weissen Blutzellen die geringsten Alterationen sich geltend machen, Veränderungen, die wir in viel augenfälligerer Weise später auch bei den zerfallenden Muskeln wiederfinden werden. Diese Veränderungen bestehen darin, dass an irgend einer Seite der Zelle von deren Wandung eine scharfe, in sehr regelmässigem Bogen verlaufende Linie sich abhebt; der Zwischenraum zwischen ihr und der Zellenwand wird von einer farblosen, vollkommen hyalinen und mit Farbstoffen sich nicht imbibirenden Masse gefüllt. Diese Substanz nimmt allmählich an Volumen zu und repräsentirt schliesslich einen der Zelle anhängenden, meist regelmässig kugelförmigen Tropfen von wechselnder Grösse (0,014—0,035 mm), der vielfach mit seiner Ursprungsstätte in Verbindung bleibt, oft aber auch sich davon ablöst und einem neuen Platz macht; an völlig isolirten Zellen finden sich auch nicht selten mehrere solche Tropfen nebeneinander.

Ohne Zweifel sind diese Tropfen Ausscheidungsproducte seitens der Epidermiszellen, und zwar Ausscheidungen einer protoplasmatischen Substanz; setzt man nämlich jetzt dem Präparate etwas ganz verdünnte Essigsäure, oder irgend ein anderes Conservirungsmittel zu, so trübt sich der Inhalt dieser Kugeln und nimmt eine feinkörnige, dem coagulirten Eiweisse durchaus analoge Beschaffenheit an; noch beachtenswerther aber dürfte die Thatsche sein, dass nicht nur der Inhalt dieser hyalinen Tropfen eine Trübung zeigt, sondern dass auch aus der gesammten Flüssigkeit des Präparates ein mitunter ausserordentlich dichter, weisser Niederschlag ausfällt, der in nichts von dem, beim Versetzen irgend einer lymphatischen Flüssigkeit des Thierkörpers mit Reagentien sich abscheidenden Sediment zu unterscheiden ist. Der Schluss nun, dass sich in der als Zusatzflüssigkeit gebrauchten Kochsalzlösung Eiweisskörper gelöst haben, und zwar aus den bei weitem am zahlreichsten in dem Präparate vorhandenen Epidermiszellen stammende Eiweisskörper, die beim Zusatz chemischer Agentien als körniger Niederschlag ausfallen, dürfte auf Grund der geschilderten Befunde wohl kaum als ungerechtfertigt erscheinen. Es fragt sich nur, ob wir diese Vorgänge als etwas Normales, oder als etwas Zufälliges, durch die Untersuchungsmethode Bedingtes aufzufassen haben.

Um dies festzustellen, galt es zunächst, die entsprechenden Gewebe des verwandelten Frosches sowohl, wie der noch nicht zur Verwandlung fertigen Larve in gleicher Weise zu behandeln, und zu sehen, ob auch Lösung von Eiweisskörpern in der Zusatzflüssigkeit und Bildung jener hyalinen Tropfen stattfinden würde. Dasselbe trat bei Geweben von fertigen Fröschen in keinem Falle ein, obgleich ich die Versuche zu mehreren Malen wiederholte; bei Geweben von Larven muss darauf gesehen werden, dass nicht die Verwandlung zu nahe vor der

Thür steht. Es ergab sich so das Resultat, dass jene leichte Zersetzlichkeit eine ausschliessliche Eigenschaft der während der Verwandlungsperiode der Larven früher oder später der Reduction anheimfallenden Gewebe ist. Bringt man dann diese Gewebe mit irgend einer indifferenten, aber eiweissarmen Flüssigkeit in Berührung, so gehen aus ihnen infolge der eben erwähnten Eigenschaft die am leichtesten löslichen Eiweissverbindungen in der Flüssigkeit in Lösung über, und zwar, wenn genügende Mengen von ihnen vorhanden sind, bis zur Sättigung der letzteren mit den betreffenden Körpern.

Es liesse sich von diesem Gesichtspunkte aus jetzt auch die Ausscheidung der erwähnten Eiweisstropfen erklären; denkt man sich nämlich, dass der Auseinanderfall der in den Geweben enthaltenen, organischen Verbindungen noch weiterhin vor sich geht, so kann eine Auflösung derselben in der umgebenden Flüssigkeit nicht mehr stattfinden, es müssen dieselben sich vielmehr in irgend einer Form abscheiden, und diese Form ist hier natürlich, entsprechend den physikalischen Gesetzen über die Gleichgewichtszustände von Flüssigkeiten, die Kugelform.

Ich war nun von vorn herein nicht abgeneigt, diesem unter dem Mikroskope beobachteten Zersetzungsprocesse zwar lebender, aber aus dem Zusammenhange mit ihrem Mutterboden gerissener Zellen auch für das Zustandekommen der Resorption der Epidermis im unversehrten Thierkörper einige Gültigkeit zuzutrauen, doch war es unter allen Umständen wünschenswerth, womöglich noch anderweite Thatsachen zu constatiren, die als Stützen für diese Annahme dienen konnten.

Da war es denn zuerst auffallend, dass, während sonst in der infolge der Reduction mehrschichtig gewordenen Epidermis die früher so vielfach beobachteten Blasen nur wenig und sparsam aufzufinden waren, ich doch öfters Schnittpräparate durch conservirte Schwänze aller der untersuchten Arten zu Gesicht bekam, auf denen über weite Strecken hin in allen Schichten der Haut mit Ausnahme der 3—4 äussersten, kleine Hohlräume in ziemlicher Zahl zu sehen waren (vergl. Fig. 9, Taf. I; 69, Taf. IV). Sie erinnerten in ihrem ganzen Aussehen auffällig an die beschriebenen Blasen und unterschieden sich nur durch die im allgemeinen bedeutend geringere Grösse von jenen. Der Inhalt war nicht allenthalben der gleiche; ein Kern war meist vorhanden, aber etwas blasser geworden, der übrige Raum zeigte entweder gar keine, oder eine äusserst zarte, höchst feinkörnige Inhaltsmasse, in der meistens auch die erwähnten, rundlichen, glänzenden und stärker gefärbten Kügelchen auftraten; charakteristisch für alle Höhlungen aber war das Vorhandensein oft sehr zahlreicher freier Pigmentkörnchen von brauner bis tiefschwarzer Farbe.

Diese Unregelmässigkeiten in dem Auftreten der blasig degenerirten Hautzellen erinnerte mich sofort an die Thatsache, dass unter Umständen auch die Häufigkeit von Kerntheilungsfiguren in normal wachsenden Geweben sehr gering ist, während dieselben in anderen Präparaten ohne Schwierigkeit in grösserer Zahl nachgewiesen werden können. Die von Flemming[1]) für dieses eigenthüm-

[1]) Flemming, Ueber das Verhalten des Kernes bei der Zelltheilung, und über die Bedeutung mehrkerniger Zellen. Virchow's Archiv etc. 77. Bd. 1879.



liche Verhalten gegebene Erklärung, dass nämlich die Zelltheilung in vielen Fällen schubweise zu besonderen Zeiten auftritt, in den Intervallen aber keine oder nur wenig Zellen sich in Theilung begeben, scheint mir ein Licht auch auf die vorliegenden Verhältnisse zu werfen: Immer bedarf es erst eines bis zu einem gewissen Grade gesteigerten Anstosses, um Zellen zum Zerfall zu bringen; dieser Anstoss reicht dann aber auch hin, um die Auflösung nicht nur vereinzelter, sondern gleich einer ganzen Anzahl von Zellen zu bewirken. Ich komme hierauf später zurück.

Lässt sich also schon aus dem Auftreten der infolge der Degeneration blasig aufgetriebenen Epidermiszellen während der ganzen Rückbildungsperiode, auch wenn dasselbe nicht zu allen Zeiten ein gleich häufiges und massenhaftes ist, der Schluss ziehen, dass der Zerfall der Oberhautzellen stets von einer Ausscheidung flüssiger, protoplasmatischer Substanz begleitet ist, die, wenn sie aus irgend einem Grunde nicht sofortigen Abfluss findet, zur Bildung der kugeligen Blasen führt, so deutet auch ein anderer, meiner Ansicht nach nicht bedeutungsloser Befund auf dieses selbe Verhältniss hin. Auch dieser Befund ist in gewissen Fällen so augenfällig ausgesprochen, dass er sofort die Aufmerksamkeit des Beobachters erregen muss: es ist die Thatsache, dass, namentlich in dem vielfach geschichteten Epithel der späteren Reductionsstadien die Intercellularlücken sehr weit sind, und oft fast selbstständige, zwischen den Zellen gelegene, kleine Hohlräume darstellen; in einigen besonders günstigen Fällen kann man auch constatiren, dass diese Intercellularlücken sich zu den oben erwähnten mit Zerfallsmassen gefüllten Vacuolen erweitern, und dass vielfach auch die Pigmentkörnchen in denselben gelegen sind. (Vergl. Fig. 69, Taf. IV und Fig. 10, Taf. I.)

Es könnte dieser Umstand darauf hindeuten, dass das intercelluläre Canalsystem hier nicht mehr, wie sonst, zur Ernährung der Zellen des geschichteten Epithels dient[1]), sondern hauptsächlich dazu, die infolge des Zerfalles der Gewebe entstehenden Producte schnell und ungehindert in die Lymphräume des Körpers überzuführen.

Ebenfalls mit der Ausscheidung protoplasmatischer Massen aus den Zellen der Haut steht endlich aller Wahrscheinlichkeit nach noch ein dritter Befund in Verbindung, der sich vor allem durch die grosse Unregelmässigkeit in seinem Auftreten auszeichnet: manchmal so häufig, dass fast sämmtliche Zellen ihn zeigen, erfordert er in anderen Fällen eine besondere Aufmerksamkeit, um gefunden zu werden, auf noch anderen Stadien endlich ist er überhaupt nicht nachweisbar. Man sieht nämlich in den langgestreckten Zellen — denn merkwürdigerweise wird er nur bei den infolge des seitlichen Druckes lang cylinderförmig gewordenen, sehr selten nur bei anders geformten Zellen gefunden — wie zwischen dem im äussersten Ende der Zelle gelegenen Kern und der der Cutis anliegenden Basis ein blasser, homogener und scharf begrenzter Körper gelegen ist, der sich nur

[1]) Vergl. hierzu: Ueber die Kittsubstanz der Epithelien. Anat. Theil, J. Arnold. Virchow's Archiv etc. 64. Bd. 1875. p. 203. Physiol. Theil, R. Thoma. Ibid. p. 394.



wenig färbt und durch einen leeren Raum von den Zellwandungen getrennt ist, von einem unveränderten Zellplasma ist nur noch wenig zu sehen. Da, wo diese Gebilde zahlreich vorkommen, kann man nicht selten sehen, wie eines oder das andere in die Cutis hineintritt, und demnach wahrscheinlich auf der Auswanderung begriffen ist (vergl. hierzu Fig. 6, Taf. I), während die hinter ihm in der Zelle gelegene Vacuole sich allmählich zu schliessen scheint.

Dass diese homogenen Körper Derivate des Zellplasmas sind, darüber bin ich keinen Augenblick im Zweifel gewesen; wie sie jedoch entstehen, und wie sie sich zu den übrigen beobachteten Zerfallsproducten der Oberhautzellen verhalten, darüber vermochte ich mir kein klares Bild zu verschaffen. Anfangs glaubte ich sie mit den von Eberth[1]) gefundenen Gebilden in irgend eine Verbindung bringen zu können; doch erwies sich auch diese Vermuthung als irrthümlich, da beiderlei Gebilde völlig verschieden sind und sich nur in ihrem inconstanten Auftreten gleichen.

Somit glaube ich nicht mit Unrecht die Ansicht aussprechen zu können, dass auch während der späteren Reductionsstadien der früher vorhandene Modus der Auflösung, schrittweises Aufgehen der protoplasmatischen Gewebsbestandtheile in der Körperflüssigkeit, gewahrt bleibt.

Ehe wir nun auf die letzten Schicksale der degenerirenden Epidermis eingehen, wird es sich empfehlen, zunächst einen Blick auf die Lederhaut zu werfen, und vor allem

B. Die Cutis

und die Vorgänge ihrer Auflösung etwas näher ins Auge zu fassen. Wie während des normalen Zustandes beide Gebilde, Epidermis und Cutis, obgleich sie einen völlig verschiedenen Ursprung genommen, meist zu einem einheitlichen, nur schwer trennbaren Ganzen verwachsen sind, so bleiben auch während der Degeneration zwischen den Vorgängen des beiderseitigen Zerfalles gewisse Beziehungen bestehen.

Die Cutis der Froschlarven bietet nach Eberth, dem wir genauere Angaben über die Lederhaut der Kaulquappen verdanken[2]), eine in der frühesten Periode homogene und glashelle, später von sich kreuzenden Bündeln gekräuselter Längs- und Querfasern durchzogene Membran, die dicht unterhalb der Epidermis hinzieht und diese von dem Bindegewebe des Flossensaumes trennt. Später wandern in die zwischen den Faserbündeln bleibenden Lückenräume von dem darunterliegenden Gewebe aus Zellen ein, die jungen Bindegewebszellen der Cutis.

Zur Zeit, wenn die Vorderextremitäten im Begriffe sind durchzubrechen, erweist sich die Cutis des Schwanzes als eine bei den verschiedenen Arten verschieden dicke Lage einer meist homogen aussehenden Substanz, die, an der Basis des Schwanzes am dicksten, nach der Spitze desselben sowohl, wie nach der Kante des Flossensaumes hin allmählich an Durchmesser abnimmt, und hier nur noch

[1]) Eberth, Zur Entwickelung der Gewebe, etc. p. 499.
[2]) Ibid. p. 490.



als eine scharf begrenzte Linie wahrgenommen werden kann. Der nach dem Epithel hingewandte Theil der Cutis erweist sich auf Querschnitten oft etwas stärker lichtbrechend, als der nach dem Inneren zu gelegene Theil, der, wie es scheint oft, und namentlich in der Kante des Flossensaumes, mit den Bindegewebsfasern der Flosse in directem Zusammenhange steht.

Der Innenseite der Cutis liegen überall mehr oder weniger platte Zellkerne mit wenig umgebendem Protoplasma dicht an; es sind dies die Kerne der von Hensen[1]) als Cutiszellen bezeichneten Elemente, die, wie sich vielfach deutlich erkennen lässt, durch ihre Ausläufer auch in directer Verbindung mit den sternförmigen Bindegewebszellen der Flossengallerte (Gallertsubstanzzellen Hensen ibid.) stehen. Ich habe auf Schnitten auch vielfach beobachten können, dass diese letzteren oft auf längere oder kürzere Strecken sich lamellenförmig der Cutis mehr oder minder dicht anlagern und so, wie es mir scheinen will, zur Verdickung derselben beitragen und von den Cutiszellen später nicht mehr zu unterscheiden sind. Dabei werden die Kerne dieser Zellen sehr platt und nahezu unsichtbar, da sie vielfach auch an Färbbarkeit nicht unbeträchtlich einbüssen; ich komme später hierauf zurück. Gelegentlich scheinen übrigens auch Leukocyten an der Innenfläche der Cutis hinzukriechen, wie sie denn überhaupt in dem Bindegewebe des Flossensaumes zu jeder Zeit reichlich angetroffen werden. Eine Unterscheidung dieser Leukocyten von den Bindegewebszellen, namentlich wenn die letzteren ihre Fortsätze eingezogen und sich mehr abgerundet haben, ist infolge der Aehnlichkeit der beiderseitigen Kerne niemals ganz leicht, vielfach sogar fast unmöglich, eine Beobachtung, die übrigens schon Pfitzner[2]) gemacht und in Worte gekleidet hat.

Während der Reductionsperiode behält nun die Cutis eine ziemliche Zeit lang ihre frühere Beschaffenheit unverändert bei, nur dass sie bei zunehmender Verkürzung des Schwanzes nicht mehr glatt und gestreckt verlaufen kann, sondern sich in zahlreiche Falten und Fältchen zu legen gezwungen ist. Eine Ausnahme von dem angegebenen Verhalten machen aber die bereits früher einmal erwähnten Randpartien des Schwanzes, die Spitze und die Kante des Flossensaumes; denn hier weist die Cutis schon auf verhältnissmässig frühen Stadien (meist schon zur Zeit des Durchbruches der vorderen Extremitäten, oft aber auch erst einige Zeit später) deutliche Continuitätstrennungen auf, die, soweit sich dies an conservirten Präparaten erkennen lässt, ohne jede Mitwirkung von Leukocyten, wie es scheint durch einfache Auflösung der Cutissubstanz entstanden sind. Diese Continuitätstrennungen nehmen ziemlich rasch zu, so dass bald nach dem ersten Auftreten derselben in dem Saume der Flosse die Cutis völlig verschwunden ist. (Vergl. Fig. 5, 12, 13, Taf. I etc.)

Der so entstehende cutisfreie Rand, der also parallel der äusseren Peripherie um die Spitze des Schwanzes herumläuft, ist naturgemäss in der äussersten Spitze

---

[1]) Hensen, Ueber die Nerven im Schwanze der Froschlarven. Arch. f. mikr. Anat. IV. 1868. p. 115.

[2]) Pfitzner, Zur pathol. Anatomie etc. l. c. p. 295.

am breitesten und nimmt nach der Basis des Schwanzes zu allmählich an Breite ab, um schliesslich ganz zu verschwinden, d. h. dann, an dieser Stelle tritt wieder eine Cutis zwischen Bindegewebe der Flosse und Epithel auf. (Vergl. die Figg. 12, Taf. I, u. 63, Taf. III.) Es bleibt diese Zone auch während der ganzen Dauer der Reduction vorhanden, d. h. es schreitet immer die Auflösung der Cutis im gleichen Schritte mit dem Einsinken der Schwanzspitze nach vorn zu fort, so dass an der letzteren und in deren Umgebung stets von der Cutis bereits keine Spur mehr vorhanden ist. Auf die aus diesem Umstande sich ergebenden interessanten Verhältnisse kommen wir dann gleich zurück, vor der Hand noch einige kurze Bemerkungen über die Art und Weise des Schwundes der Lederhaut.

Es ist jedenfalls nicht schwer einzusehen, dass am lebenden Thiere, ebenso wie an Zupfpräparaten über diese Verhältnisse nicht viel herauszubekommen sein wird, sowohl der völligen Durchsichtigkeit, als der schweren Isolirbarkeit des Objectes wegen. Man ist daher in diesem Falle lediglich auf die Untersuchung von Schnittserien und Combination aus den durch diese gelieferten Bildern angewiesen; doch liegen hier insofern die Verhältnisse günstiger als anderswo, als die degenerativen Processe von hinten her allmählich nach vorn hin fortschreiten. Es hat also immer die Cutis an irgend einem Punkte, sagen wir also z. B. an der bis zum Ende der Hinterextremitäten eingesunkenen und zurückgegangenen Spitze des Schwanzes alle die Veränderungen nach und nach durchgemacht, welche die von hier bis zur Basis desselben noch vorhandene Cutis neben oder vielmehr hinter einander zeigt. Demnach wird eine Querschnittserie von der Basis nach der Spitze eines in Reduction befindlichen Schwanzes alle aufeinander folgenden Stadien der Auflösung nacheinander zur Anschauung bringen, vorausgesetzt natürlich, dass der Schwanz nicht schon so weit reducirt ist, dass auch an der Basis keine normale Cutis mehr vorhanden ist.

Zu berücksichtigen bleibt hierbei weiter, dass die Lederhaut, wie erwähnt, nicht nur von der Spitze nach der Basis zu verschwindet, sondern auch von der Kante des Flossensaumes nach der Mitte desselben zu, dass also ein einzelner Querschnitt auch eine ganze Reihe aufeinander folgender Degenerationsphasen zeigt.

Untersucht man nun einen Querschnitt durch die Mitte des Schwanzes ungefähr zu einer Zeit, wo derselbe auf die Länge der völlig ausgebildeten Hinterextremitäten zurückgegangen ist, so zeigt sich an der Cutis vor allem, dass sie nicht mehr den homogenen, gleichartigen Bau besitzt, wie es bisher der Fall war, es treten in ihr eine ganze Anzahl feiner Spalten und Lückenräume auf, die nach der Schwanzspitze zu immer grösser werden und der ursprünglich einheitlichen Schicht ein zersplittertes, schwammig durchlöchertes Aussehen verleihen. Diese Spalten treten aber nicht gleich in der ganzen Dicke der Cutis auf, sondern zunächst nur in dem nach innen zu gelegenen Theile derselben, während der äussere, der Epidermis anliegende Theil noch gleichartig und ganz bleibt. Gleichzeitig mit dem Auftreten dieser Spalten und Lücken bemerkt man in denselben das Sichtbarwerden von Kernen, die früher nicht da zu beobachten waren, und zwar liegen diese Kerne ebenfalls nur in der inneren, nicht in der äusseren Randzone der Cutis.

Dieselben sind ursprünglich ausserordentlich flach, lang gestreckt und mit ihrem Längsdurchmesser stets parallel der Oberfläche, niemals in einem Winkel zu derselben gestellt. Sie sind blass, mit scharfem Contour und einigen dunkel gefärbten Chromatinkörnern im Inneren ausgestattet; deutliche Kerngerüste, oder gar Kerntheilungsfiguren, habe ich in ihnen niemals beobachten können. Ihrem ganzen Aussehen und Auftreten nach halte ich sie für nichts anderes, als die jetzt etwas gelockerten, früher flach gedrückt gewesenen Bindegewebskerne, deren Zellen mit ihrem Leibe sich der Cutis dicht angelagert und zur Verdickung derselben beigetragen haben.

Verfolgt man nun das Verhalten dieser Kerne weiter nach hinten, oder nach dem Saume der Flosse zu, soweit diese noch vorhanden ist, so bemerkt man zunächst, dass sie ihre Form auffällig ändern, ohne an Zahl zuzunehmen; sie beginnen nämlich zu quellen, werden eiförmig und zuletzt mehr oder minder kreisrund, ändern aber dabei weder ihr optisches, noch ihr früheres chemisches Verhalten und machen mit ihren wenigen Chromatinpartikeln in dem grossen blassen und wenig gefärbten Kernraume einen recht »leeren« Eindruck. Mit einem Worte: die früher der Cutis dicht angelagert gewesenen Bindegewebszellen fangen jetzt unter Quellung ihrer Kerne an, wieder von dieser abzublättern, und nur die eigentliche Cutis, der äussere homogene Saum bleibt zurück; doch beginnt auch dieser um die betreffende Zeit, seine Beschaffenheit nicht unwesentlich zu ändern.

Es treten in ihm kleine, runde, blasenartige Lücken auf, und zwar vorwiegend von der Seite der Epidermis her. Man sieht hier, wie der dem Epithel zugekehrte, ursprünglich glatte Saum zahlreiche Einkerbungen bekommt, die immer grösser werden und schliesslich, wenn auch nicht gerade sehr häufig sichtbar, die ganze Lederhaut bruchsackartig vor sich hertreiben. In diese hernienartigen Hervorstülpungen der Cutis sieht man nun in günstigen Fällen den ganzen Inhalt der früher beschriebenen, blasig degenerirten Epidermiszellen mit dem Kern und den charakteristischen Pigmentkörnchen übertreten. Nicht selten trifft man ferner auch augenscheinliche Kerne von Epidermiszellen isolirt in der Cutis; dieselben haben wenigstens weder in der Grössenausdehnung, noch in ihrem sonstigen Verhalten Unterschiede von jenen aufzuweisen; charakteristisch an ihnen ist, dass ihre Längsachse niemals gerade, sondern stets, und zwar meist annähernd im rechten Winkel geknickt ist. Man findet sie dann in weitaus den meisten Fällen mit der einen Hälfte senkrecht zur Fläche der Cutis gerichtet, mit der anderen dagegen parallel derselben, gleich als ob sie beim Durchtritt auf halbem Wege auf ein Hinderniss gestossen wären und dieses nun durch seitliches Ausbiegen zu umgehen suchten. (Fig. 7, 9, Taf. I.)

Anfangs war ich geneigt, dieses Vorkommniss für eine nur gelegentliche und zufällige Bildung zu halten; die auffällige und massenhafte Wiederholung desselben Befundes jedoch scheint für eine allgemeinere Bedeutung derselben zu sprechen.

Ob dieser eben besprochene Umstand, vielleicht in Verbindung mit der durch die Quellung hervorgerufenen Volumvergrösserung der Kerne allein es ist, worauf

die von Barfurth hervorgehobene Vermehrung der Kerne beim Zerfall der Cutis zurückzuführen sein dürfte, muss ich dahin gestellt sein lassen. Thatsache jedenfalls ist, dass zu keiner Zeit in irgend einer der betreffenden Zellen, wie ich bereits erwähnt habe, karyokinetische Figuren aufzufinden waren, die unseren heutigen Anschauungen zufolge[1]) für fixe Gewebszellen das einzig sichere, und wohl auch das alleinige Anzeichen einer stattfindenden Proliferation abgeben. Da eine solche also nicht stattfindet, könnte es sich hier höchstens noch um einen Zerfall der Cutiskerne in eine Anzahl von Bruchstücken handeln, wie er ausser in der von Barfurth zum Vergleiche angeführten Publication Flemming's[2]) über die Vermehrung der Kerne bei atrophirenden Fettzellen von Helm[3]) für die Kerne der Spinndrüsen von Lepidopterenraupen, von Pfitzner[4]) für verschiedene Zellen des Wirbelthierkörpers, von Löwit[5]) für die weissen Blutzellen, etc. etc. dargestellt ist, und wie wir ihn bereits bei einem Theile der absterbenden und verloren gehenden Epidermiszellkerne fanden. Ich habe aber auch von einer auf einem solchen Zerfall beruhenden scheinbaren Vermehrung der Kerne kein sicheres Anzeichen gefunden, und möchte eher annehmen, dass die augenscheinliche Zunahme der Kerne durch das Hinzutreten von auswandernden Epithelzellkernen und eine verstärkte Ansammlung von Bindegewebskernen und gelegentlich auch Leukocyten an der Innenseite der sich auflösenden Cutis hervorgerufen wird. Für diese Annahme scheint mir auch die Barfurth'sche Zeichnung Fig. 9, namentlich auf ihrer linken Seite zu sprechen.

Dass Kerne sich von dem Protoplasma ihrer Zellen trennen und »frei« werden können, ist eine Beobachtung, die namentlich an rothen Blutkörperchen schon seit längerer Zeit gemacht, und neuerdings auch von Klein[6]) für andere Zellen nachgewiesen worden ist. Auch bei der Auflösung der Gewebe kommt eine solche Trennung von Protoplasma und Kern, wie es scheint, sogar ziemlich allgemein vor; das Protoplasma wird unter Erscheinungen verschiedener Art sehr bald aufgelöst, der Kern, der in seinem Verhalten zwar auch nicht normal bleibt, widersteht doch den Einflüssen der Resorption länger und geht erst später verloren.

Während dieser scheinbaren Vermehrung der Kerne nun beginnt die Substanz der Cutis selbst an Färbbarkeit zu verlieren. Schliesslich verschwindet dieselbe ganz, indem nur hie und da noch einige lockige, schwer entwirrbare blasse Fasern mit zwischen ihnen liegenden zerstreuten, runden Kernen auf die frühere Existenz derselben hindeuten. Bemerkenswerth ist, dass dieses Verschwinden

---

1) Vergl. hierzu: Flemming, Ueber das Verhalten des Kernes bei der Zelltheilung und über die Bedeutung mehrkerniger Zellen. Virchow's Archiv etc. 77. Bd. 1879.

2) Beiträge zur Anatomie und Physiol. d. Bindegewebes. Arch. f. m. Anat. XII. 1876.

3) Ueber die Spinndrüsen der Lepidopteren. Zeitschr. f. wiss. Zool. XXVI.

4) Zur pathologischen Anatomie des Zellkerns. Virchow's Archiv etc. 103. Bd. p. 275.

5) Löwit, Ueber Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen. Ein Beitrag zur Lehre von der Leukämie. Sitz.-Ber. der Wiener Akademie. Math.-Naturw. Kl. III. Abth. 92. Bd. 1885. p. 134.

6) Klein, Ein Beitrag zur Kenntniss der Structur des Zellkernes und der Lebenserscheinungen der Drüsenzellen. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1879. No. 17. p. 298.



immer ziemlich plötzlich zu Stande kommt, und dass niemals zwischen dem eben geschilderten, aufgelockerten, und dem völlig aufgelösten Theile ein breiterer Uebergangsstreifen bemerkbar ist. Es ist dies ein Befund, der vielleicht auch für ein nicht stetiges, sondern schubweises, nur auf gewisse Strecken ausgedehntes Zerfallen der vorher etwas veränderten und aufgelockerten Gewebe sprechen könnte.

An denjenigen Stellen nun, wo die Cutis auf die angegebene Art und Weise verschwunden ist, erhalten wir dann das eigenthümliche Bild, dass Epithel und Bindegewebe jetzt unmittelbar aneinandergrenzen, und die Möglichkeit, dass nicht nur flüssige, sondern auch feste Bestandtheile von der Epidermis aus jetzt frei und ungehindert in die Lymphräume des Schwanzes passiren können.

Kommen wir nun auf die Epidermis zurück und werfen noch einen Blick auf

C. Die letzten Reductionsstadien der Haut.

Es war zuletzt die Rede davon gewesen, dass es wahrscheinlich die oft nicht unbeträchtlich erweiterten Intercellularräume seien, welche die Auflösungsproducte der Zellen in sich aufnehmen und dem Körperinneren zuführen. So lange die Cutis noch mehr oder minder intact ist und eine dichte Grenzscheide zwischen Epithel und Bindegewebe abgiebt, stauen sich die Flüssigkeitsmassen an ihr und dringen höchstens in kleinen Partien in den zwischen den einzelnen Fasern bestehenden Lückenräumen und Spalten vor, indem sie diese etwas erweitern und deutlich sichtbar machen. Wo hingegen diese Grenzscheide bereits nachgiebiger und lockerer geworden ist, kann es gelegentlich vorkommen, dass sie unter dem Drucke der aus der Epidermis nach innen drängenden Zerfallsproducte bruchsackartig sich hervorwölbt und in den so gebildeten Hohlraum dieselben aufnimmt; namentlich habe ich diese Beobachtung oft an den Schwänzen junger Krötenlarven machen können (Fig. 9, Taf. I).

Wo hingegen die Cutis bereits aufgelöst ist, treten die bekannten Producte der Degeneration ungehindert in das Bindegewebe über, und bleiben hier, besonders in frühen Stadien des Zerfalles (während des Durchbruches der vorderen Extremitäten) (Fig. 6, Taf. I), oft längere Zeit dicht unter der Epidermis angehäuft, und machen es vollständig zur Unmöglichkeit, zwischen Epidermis und Bindegewebe eine Grenze auch nur annähernd festzustellen. Sie waren bis jetzt augenscheinlich durch die oben erwähnte, dünnflüssigere, feinkörnige Protoplasmamasse in ihrer früheren Form zusammengehalten worden; nachdem dieselbe jedoch in Lösung übergegangen — und das beginnt jetzt einzutreten —, gehen auch die in ihr enthalten gewesenen, geformten Bestandtheile aus einander: Der Kern verliert sich, entweder ganz nackt, oder mit einigen geringen Protoplasmaresten umgeben, in dem Bindegewebe des Flossensaumes, um hier nach einiger Zeit unter den bekannten Erscheinungen seiner Auflösung entgegen zu gehen; die Pigmentkörnchen gruppiren sich vielfach zu kleinen Kügelchen, oder bleiben auch zerstreut an Ort und Stelle liegen; auf ihr weiteres Schicksal komme ich in einem besonderen Absatze zurück.



Sehr interessant ist nun der auf den späteren Degenerationsstadien namentlich in der Schwanzspitze überall sichtbare Zusammenhang der Epidermis mit dem darunter liegenden Bindegewebe. Man sieht hier einmal, dass die zwischen den Epidermiszellen vorhandenen Intercellularlücken in directer Verbindung mit den Lückenräumen des unterliegenden Gewebes stehen, man bemerkt aber besonders auch, wie von den Epidermiszellen selbst Fortsätze in grösserer oder geringerer Zahl abgehen, welche deutlich in das unterliegende Gewebe hineindringen und möglicher Weise mit den Fasern der Bindegewebszellen in Verbindung treten; mit völliger Sicherheit ist dies natürlich bei dem jetzt sehr dichten und verwickelten Faserwerk des Bindegewebes nicht zu erkennen. (Fig. 13, Taf. I; 69. Taf. IV.)

Wenn man von der differenten Beschaffenheit des Epitheles absieht, dann sind die so entstehenden Bilder fast bis ins einzelne indentisch mit denjenigen, die v. Davidoff über den Zusammenhang des Darmepitheles mit dem darunterliegenden adenoiden Gewebe gegeben hat[1]). Wenn sich nun auch infolge der völligen Verschiedenheit der Objecte und der Zustände, welche die Bilder geliefert haben, eine Anwendung der von v. Davidoff aus jenen interessanten Befunden gezogenen Schlüsse auf die uns hier interessirenden Verhältnisse nicht ohne weiteres erlaubt, so dürften sie doch immerhin einiges Licht, namentlich auf das bis jetzt noch gar nicht geklärte Verhältniss der Cutis zum Epithel einerseits und zu dem Bindegewebe des Flossensaumes andererseits werfen.

Thatsache ist jedenfalls, dass jetzt eine sichere Abgrenzung des Epitheles und seiner einzelnen Elemente von denen des Bindegewebes nicht mehr möglich ist, und dass der Weg aus der Epidermis nach dem Körperinneren zu völlig frei und gangbar für Gebilde aller Art geworden ist; namentlich die Kerne der Epithelzellen findet man jetzt auf allen Stadien des Uebertrittes vor, mitunter frei, mitunter von Plasmaresten umgeben, zum Theil vor, zum Theil nach dem Auseinanderfall ihrer Zelle.

Es erübrigt nun noch, über das Verhalten der Leukocyten, die wir ja in gewisser Anzahl zwischen den Zellen der Epidermis vorfanden, sowie über das Schicksal der ebenfalls daselbst vorhandenen, mehr oder minder zahlreichen Pigmentzellen einiges mitzutheilen. Zunächst das Verhalten der

Pigmentzellen. Wie schon erwähnt, ist die Häufigkeit ihres Auftretens in der Epidermis eine wechselnde, sowohl was die verschiedenen Arten, als auch was die Individuen derselben Art anbelangt; ausserdem habe ich in der Epidermis stets nur Zellen mit braunem bis schwarzem Pigment angetroffen, niemals andersfarbige. Im normalen Zustande sind dieselben gewöhnlich sehr stark und weit verzweigt, so dass einzelne Ausläufer in fast gleicher Stärke oft auf bedeutende Strecken zwischen den Zellen hin verfolgt werden können; die Stelle, wo der meist nicht mehr sichtbare Kern gelegen ist, tritt als kleine Anschwellung deutlich hervor.

[1]) v. Davidoff, Untersuchungen über die Beziehungen d. Darmepithels zum lymphoiden Gewebe. Arch. f. mikr. Anat. XXIX. 1887. p. 495.

Bei Beginn der Reduction zeigen nun die Pigmentzellen, wenigstens an den zunächst zur Resorption kommenden Hautstellen, Veränderungen, die zumeist in einem ziemlich schnell verlaufenden Einziehen der Fortsätze ihren Ausdruck finden. Auf einem gewissen Stadium haben dieselben eine massigere Gestaltung angenommen; eine geringe Zahl kurzer Fortsätze deutet noch auf die frühere, reiche Verästelung hin und zuweilen ist jetzt auch der Kern als centraler, hellerer Fleck sichtbar (vergl. Fig. 3, Taf. I). Kurz darauf zeigen sämmtliche Pigmentzellen der degenerirenden Haut sich als fast regelmässige, tiefschwarze oder braune Kugeln, die nun, lange bevor ihre bisherige Lagerstätte zur Auflösung gelangt, die Epidermis verlassen, sich durch die Cutis hindurch bohren, und nach dem Durchtritt meist dicht unter derselben liegen bleiben. Die Pigmentzellen kann man ihrer eigenen, starken Färbung wegen sehr leicht auf jedem günstigen Präparate in allen möglichen Gestaltungen und auf allen Stadien des Durchsetzens durch die Cutis beobachten.

Im frischen Zustande kann man sie durch Zerzupfen namentlich von Pelobates sehr leicht und schön isoliren (vergl. Fig. 61, 62, Taf. III), man erkennt dann, dass ihrem meist tiefschwarzen, hier noch unregelmässig gestalteten Leibe an einer oder mehreren Stellen stark lichtbrechende und meist ganz farblose Protoplasmamassen anhängen, von denen eine meist durch ihr noch stärkeres Lichtbrechungsvermögen und die deutliche Abgrenzung sich als Kern zu erkennen giebt. Diese Protoplasmaanhänge zeigen besonders in der Wärme deutliche, wenn auch sehr langsame Gestaltveränderungen. Alle Pigmentzellen bleiben also, wie erwähnt, nachdem sie sich mehr oder weniger der Kugelform genähert, dicht unter der Cutis liegen und dringen nur höchstens etwas tiefer in das Bindegewebe des Schwanzes hinein; Veränderungen irgend welcher Art sind in der Folge an ihnen nicht mehr nachzuweisen.

Bedenkt man nun, dass diese unter der Cutis sich ansammelnden Pigmentzellen im Verein mit denen, die von Anfang an da gelegen haben, mit der fortschreitenden Rückbildung und Verkürzung des Schwanzes auf einen immer kleineren Raum beschränkt und zusammengedrängt werden, und dass sie namentlich die einsinkende Spitze des Schwanzes stets am dichtesten gleichsam vor sich hertreibt, so erklärt sich wohl zur Genüge das während der Rückbildung des Schwanzes so auffällige Dunkel- bis Schwarzwerden, erst der Spitze, später des ganzen Schwanzes, auf das auch vor Barfurth bereits von Hensen[1]) aufmerksam gemacht worden ist.

Vor allem wird jetzt auch ersichtlich werden, dass die erste Schwarzfärbung der Schwanzspitze, die nach Barfurth stets in so präciser Weise mit dem Durchbruche der vorderen Extremitäten zusammenfallen und den Eintritt der Rückbildung anzeigen soll, nicht diesen Beginn bezeichnet, sondern selbst bereits das Resultat eines bis zu einem gewissen Grade vorgeschrittenen Degenerationsprocesses ist, wie ich es bereits oben ausgesprochen habe.

1) Hensen, Ueber die Nerven im Schwanze der Froschlarven. Arch. f. mikr. Anat. IV. 1868. p. 111.



In ähnlicher Weise, wie die genuinen Pigmentzellen vor der Hand dem Zerfalle entgehen und sich im Inneren des Schwanzes ansammeln, gestaltet sich auch das Schicksal der im Verlaufe der Zersetzung aus dem Protoplasma der Epidermiszellen entstehenden, einzelnen Pigmentkörnchen. Dass dieselben nicht selten mit dem gesammten Materiale der zerfallenen Zelle nach innen gelangen und hier frei werden, ist schon erwähnt. Meist jedoch treten sie zunächst, wie es scheint, ganz an den Rand des blasigen Raumes, in dem sie ihre Entstehung genommen haben, und von diesem aus direct in das intercelluläre Canalsystem, in welchem man sie gar nicht selten reihenweise angeordnet findet; von dem Flüssigkeitsstrome, der von der degenerirenden Haut aus in diesen Canälen nach dem Inneren des Schwanzes zu aller Wahrscheinlichkeit nach im Gange ist, werden sie dann gelegentlich mitgenommen und fortgeführt. Man sieht dann einen aus mehr oder minder regelmässig aneinander gereihten Pigmentkörnchen bestehenden, unregelmässig gekrümmten Faden von einer Intercellularlücke aus die Cutis durchsetzen und in dem Bindegewebe sich auflösen.

Die bis jetzt aufgezählten Schicksale der Pigmentkörnchen scheinen aber nur zufällige Vorkommnisse zu sein, in der Regel ist die Bestimmung der Pigmentkörnchen eine andere: es setzt nämlich hier die Thätigkeit der das intercelluläre Lückensystem durchwandernden

Leukocyten ein. Diese nehmen alle die einzelnen Körnchen, die sie auf ihrem Wege treffen, in ihr Inneres auf, mitunter scheint es sogar, als ob sie dieselben aus dem Randsaume der Mutterzellen (sit venia verbo) herauszulösen und zu incorporiren im Stande wären. Auf diese Art und Weise der Entstehung pigmentirter Zellen ist übrigens bereits vor längerer Zeit von Preyer[1]) hingewiesen worden, während nach Kölliker's[2]) neueren Untersuchungen das Pigment in die Oberhaut des Menschen und der höheren Thiere durch entsprechende Zellen auf umgekehrtem Wege hineingelangt. Es sollen pigmentirte Bindegewebs- und Wanderzellen aus den Unterhautgebilden in die Epidermis und zuletzt auch in deren Zellen hineindringen, und ihr Pigment an diese abgeben. Es wäre nun nicht unmöglich, dass auch hier das von den Leukocyten gesammelte Pigment anderswohin transportirt und daselbst wiederum abgeladen würde, doch stehen mir hierüber keine positiven Erfahrungen zu Gebote; vielleicht liesse sich so auch eine, wenigstens theilweise Erklärung finden für die Anwesenheit von Pigment an Stellen des Thierkörpers, wo von einer Bedeutung der Pigmentfarbe keine Rede sein kann, wie in vielen inneren Organen.

So trifft man die pigmenthaltigen Leukocyten denn auf jedem Schnittpräparate durch die degenerirende Haut je nach den Umständen in wechselnden Mengen und auf den verschiedensten Stadien der Füllung mit Pigment an; der Kern ist an ihnen später nicht mehr deutlich wahrzunehmen. Haben sie sich schliesslich

---

1) Preyer, Ueber amöboide Blutkörperchen. Virchow's Archiv. 30. Bd. 1864. p. 423.

2) Kölliker, Ueber die Entstehung des Pigmentes in den Oberhautgebilden. Zeitschr. f. wissensch. Zool. XLV. 1886. p. 113 und Ders., Woher stammt das Pigment in den Epidermisgebilden? Anat. Anz. II. 1887. No. 15. p. 483.

gehörig vollgeladen, so sind sie von den genuinen Pigmentzellen, die ihre Fortsätze eingezogen, kaum noch zu unterscheiden, nur ihre Grösse ist meist etwas hinter derjenigen der ersteren zurückstehend. Ihre weiteren Schicksale sind dann auch ganz ähnlich, wie die der ersteren; auch sie durchsetzen die Cutis, so lange eine solche noch vorhanden ist, später treten sie einfach in das Bindegewebe über und mischen sich unter die daselbst bereits aufgesammelten Pigmentzellen.

So kommt dann gegen das Ende der Rückbildung hin in dem letzten, conischen Schwanzstümpfchen eine solche Anhäufung von Pigment zu Stande, dass dieses alle anderen, hier noch vorhandenen Gewebstheile und Zerfallsproducte fast völlig verdeckt und eine genaue Untersuchung der letzten Stadien ausserordentlich erschwert. Es kommt vielfach vor, dass in dem ungefähr noch 1 mm langen Schwanzstummel bei Landfrosch oder Kröte auf Schnitten ausser der Chordascheide und einem Reste Rückenmark nichts als dichtgedrängte, unregelmässig gruppirte Pigmentzellen zu sehen sind.

Das weitere Schicksal dieser Pigmentzellen habe ich, wie gesagt, nicht zu verfolgen Gelegenheit gehabt.

Fassen wir nun das über den Reductionsvorgang der Haut Gesagte nochmals kurz zusammen, so stellt sich heraus, dass vor allem ein actives Eingreifen von Seiten der Leukocyten nicht statthat, dass die einzelnen Zellen vielmehr selbstständig zerfallen und zur Resorption gelangen. Der Zerfall geht aller Wahrscheinlichkeit nach so vor sich, dass die verschiedenen organischen Bestandtheile des Protoplasmas der Zellen nach stattgehabter Dissociirung je nach ihrer leichteren oder schwereren Löslichkeit früher oder später aufgenommen werden, während gewisse, augenscheinlich unlösliche Bestandtheile in der Form einzelner Pigmentkörnchen zurückbleiben. Die Kerne der Epithelzellen überdauern zum grossen Theil den Untergang ihrer Zellen; sie treten durch die Cutis hindurch, später, nach deren Reduction, direct in das Bindegewebe des Flossensaumes über, wo sie unter Erscheinungen der »senilen Atrophie« (Pfitzner) ihren Untergang finden. Die in der Epidermis vorhanden gewesenen Pigmentzellen sammeln sich nach Einziehung ihrer Fortsätze im Schwanze an; die Thätigkeit der Leukocyten beschränkt sich darauf, dass sie die unlöslichen Bestandtheile aufsammeln, in ihr Inneres aufnehmen und in den Organismus zurückführen.

2. Reduction des Rückenmarkes und der Nerven.

Das dem Schwanze der Froschlarven angehörige Nervensystem setzt sich bekanntlich zusammen aus dem Endabschnitte des Rückenmarkes, der als Centraltheil fungirt, und den von demselben aus sich entwickelnden, in ihrer Zahl nicht ganz constanten Spinalganglien, die einem System von zahlreichen, vielfach verzweigten peripheren Nervenästen den Ursprung geben. Wir wenden uns zunächst zur Betrachtung des Rückenmarkes und seines Zerfalles.

A. Das Rückenmark.

Während das im Basaltheile des Schwanzes gelegene Rückenmark in Bezug auf seine Ausbildung bei den ausgewachsenen Larven vollkommen in der Mitte steht zwischen dem hochentwickelten medullaren Theile und dem im Schwanzende gelegenen einfachen Medullarrohre, und einen vollkommen allmählichen Uebergang zwischen diesen beiden so verschieden organisirten Partien darstellt, erfährt von dem Momente des Eintrittes der Rückbildung an lediglich der Rumpftheil desselben eine Weiterbildung, deren Einzelheiten in neuerer Zeit von M. Schmidt[1]) genauer untersucht worden sind (vergl. hier auch die weitere Litteratur über Rückenmark etc.). Der Schwanztheil des Rückenmarkes bleibt nahezu auf seinem bisherigen Entwicklungsstadium stehen und die Folge davon ist, dass auf späteren Reductionsphasen keine einheitliche Ausbildung des ganzen nervösen Centralorganes mehr zu constatiren ist, sondern dass der spätere Steissbeintheil desselben durch eine ziemlich plötzliche, conische Verjüngung in das fadenförmig erscheinende Schwanzmark übergeht.

In diesem seinem Anfangstheil besitzt das Schwanzmark eine immerhin schon ziemlich hohe Ausbildung; ausser der aus mehreren unregelmässigen Zellenlagen bestehenden Wand des Centralkanales erkennt man eine reichlich entwickelte weisse Substanz, in der mehr oder minder zahlreiche Körner und typische Ganglienzellen eingelagert sind. Die Spinalganglien nehmen aus diesem Marke auf die von Fraisse[2]) geschilderte Weise ihren Ursprung, und scheinen in ihrer Zahl durchaus nicht constant zu sein. Nach hinten zu vereinfacht sich das Mark in seiner Structur immer mehr, bis es zuletzt nur noch einen aus einer einfachen Lage von Zellen gebildeten Centralkanal darstellt, der, über der Chorda verlaufend, ganz kurz vor der Spitze des Schwanzes offen endigt, also mit dem Lymphräumen des Thierkörpers in directer Communication steht. Hiergegen geben Götte[3]), Fraisse[4]) und Andere an, dass das Rückenmark an seinem Ende geschlossen ist und in eine rundliche oder kegelförmige Spitze ausläuft. Trotzdem ich diesem Punkte einige Aufmerksamkeit zugewandt habe, ist es mir nie mit Sicherheit gelungen, bei den Larven, die ich untersuchte, also bei ziemlich erwachsenen Thieren, diesen Verschluss des Rückenmarkkanales zu finden; der Untersuchung der lebenden Thiere in toto war meist die am Ende des Rückenmarkes gerade ziemlich starke Pigmentirung hinderlich, auf Schnitten habe ich jedoch niemals einen völligen und unzweifelhaften Schluss des Nervenrohres an seinem hinteren Ende nachweisen können. Es bleibt also nur die Annahme übrig, dass möglicherweise die Eröffnung des Centralkanales als ein sehr früh auftretendes, einleitendes Moment für die Rückbildung des Schwanzes auftritt. (Fig. 16, Taf. I; 18, Taf. II.)

---

1) M. Schmidt, Beiträge zur Kenntniss des Rückenmarkes der Amphibien. Leipzig, Inaug.-Dissert. Halle 1883.

2) Fraisse, Die Regeneration etc. p. 112. Fig. 11 u. 12. Tab. III.

3) Götte, Entwickelungsgeschichte der Unke. p. 275.

4) Fraisse, Beiträge zur Anatomie von Pleurodeles Waltlii. Würzburg 1880.

Was nun das Verhalten des Markes während der Verwandlungsperiode anbelangt, so ist als Thatsache von allgemeinerer Bedeutung zunächst hervorzuheben, dass das Rückenmark von allen den im Schwanze vorhandenen Organen und Geweben am längsten seine histologische Zusammensetzung und, damit in Zusammenhang stehend, vielleicht auch seine frühere Function beibehält. Stets geht der Zerfall, wie dies schon von Barfurth hervorgehoben ist, dicht vor der einsinkenden Schwanzspitze vor sich; ob aber in der That auch bis zu dem gerade in Auflösung begriffenen Theile hin die Structur nach normal und die Epithelzellen noch lebenskräftig sind, wie dies von Barfurth[1]) angenommen wird, und ob infolge dessen das Functioniren auch in diesem hintersten Theile noch möglich ist, darüber habe ich doch gegründete Zweifel, wie die gleich zu erörternden mikroskopischen Befunde erklärlich machen werden. Sicher aber ist jedenfalls, dass man auf Querschnitten, die schon alle anderen Gewebe des Larvenschwanzes in oft sehr weit vorgeschrittenem Stadium des Zerfalles zeigen, das Nervensystem noch völlig intact erscheint, und dass dasselbe von allen auf ein und demselben Querschnitte getroffenen histologischen Elementen am letzten Spuren der Degeneration zeigt.

Diese letztere findet nun beim Rückenmarke augenscheinlich in sehr einfacher Weise statt, indem nämlich, soweit ich beobachten konnte, die Zellen des Centralkanales ihren gegenseitigen Zusammenhang aufgeben und auseinanderweichen. Ich will jedoch erwähnen, dass ich in einzelnen, allerdings nicht gerade häufigen Fällen und auch nur im Anfange der Reduction, Bilder zu Gesicht bekam, welche auf den ersten Blick an die blasige Entartung der Epidermiszellen erinnerten. (cf. Fig. 16, Taf. I.) Die Beobachtungen eines solchen blasigen Zerfalles waren jedoch zu vereinzelt, als dass ich besonderen Werth auf denselben legen möchte, dass derselbe aber vorkommt, dagegen scheint mir ein aprioristischer Grund nicht beigebracht werden zu können; eine grosse Rolle wird derselbe aber hier schon aus dem Grunde nicht spielen, weil bei den Epithelzellen des Centralkanales die gegenseitigen Massenverhältnisse zwischen Kern und Zellprotoplasma entschieden ungünstige sein dürften; wenigstens werden infolge der geringen Menge des Protoplasmas dessen Zerfallsproducte nur selten eine augenfällige Aufblähung der Zelle bewirken können.

Dagegen kann man auch bei dem Rückenmarke, wenn auch nicht in dem ausgesprochenen Maasse, wie bei Epidermis und Muskeln, an frischen Präparaten die nach einiger Zeit auftretende Abscheidung der hyalinen Tropfen beobachten; meist erfolgt dieselbe nach aussen zu, doch kann es auch gelegentlich vorkommen, dass sie nach dem Centralkanal zu hervortreten. Auf diese beobachtete Thatsache führe ich auch den nicht selten auf Schnitten gemachten Befund zurück, der darin besteht, dass man oft in der Höhlung im hintersten Theile des Centralkanales, abgesehen von gewissen zelligen Elementen, die wir gleich kennen lernen werden, äusserst zarte, netzförmige Contouren sieht, ähnlich wie sie die Zellenwände der Chorda auf dem Querschnitte darbieten. Es fliessen nämlich, wie wir später noch genauer sehen werden, die aus den Geweben sich abscheidenden Tropfen bei

---

1) Barfurth, l. c. p. 44.



der Berührung nicht zusammen, sondern sie bleiben isolirt und platten sich gegenseitig ab. Dass auf diesen Umstand das Vorhandensein der freien Contouren im Inneren zurückzuführen sein möchte, scheint mir nicht unwahrscheinlich. (Fig. 16, Taf. I; 18, Taf. II.)

Dass ferner auch hier die Auflösung und der Zerfall des Organes von chemischen Umsetzungsprocessen begleitet ist, dafür spricht wiederum das Auftreten erst vereinzelter, später nicht selten sehr zahlreich werdender Pigmentkörnchen. Dieselben gruppiren sich, gerade wie bei den Zellen der Epidermis, centrifugal und sammeln sich an den Stellen, wo die Zellen zusammenstossen, zu dichten Gruppen an. Von hier aus scheinen sie, ganz ähnlich, wie wir dies auch bereits bei der Epidermis sahen, von Leukocyten eingesammelt und aufgenommen zu werden. Man findet nämlich auf Schnitten gar nicht selten zwischen den Epithelzellen fremde Eindringlinge; die in einigen Fällen bereits eine Anzahl von Pigmentkörnchen sich einverleibt haben, in anderen aber bereits so mit denselben erfüllt sind, dass sie den Eindruck wahrhaftiger Pigmentzellen machen, die ihre Fortsätze eingezogen haben.

Ich glaube auf diese Thatsache auch den Barfurth'schen Befund [1]) von Pigmentzellen in dem Rückenmarke zurückführen zu können. Aehnliche Resultate ergiebt übrigens auch die Untersuchung von Zupfpräparaten frischer Objecte. Schneidet man auf Stadien, wo der Schwanz ungefähr noch die Hälfte seiner ursprünglichen Länge misst, die äusserste Spitze ab, und untersucht dieselbe in Kochsalzlösung, so gelingt es meist ohne grosse Mühe, das Rückenmark zu isoliren. Man bemerkt dann zunächst die Pigmentansammlung zwischen den Zellen, die gegen den Centralkanal hin am dichtesten zu sein scheint, vor allem aber an der äusseren Begrenzungslinie des Nervenrohres die isolirten Köpfe der Epithelzellen, von denen einige mehr oder weniger weit herausgedrängt und zum grossen Theil sichtbar sind, und zwischen diesen gelegentlich Leukocyten, die unter lebhaftem Spiel ihrer Pseudopodien augenscheinlich eine für ihren Eintritt zwischen die Epithelzellen günstige Stelle suchen, aber in ihrem Inneren, ausser höchstens einigen Pigmentkörnchen, keinerlei körperliche Elemente zeigen.

Die Annahme, dass sie vielleicht im Metschnikoff'schen Sinne als Phagocyten hier auf Raub auszugehen suchen, scheint infolgedessen jedenfalls ausgeschlossen, ganz abgesehen davon, dass auch ihre Zahl eine viel zu geringe ist, als dass sie die gewaltsame Zerstörung des Rückenmarkes zur Aufgabe haben sollten.

Die Epithelzellen weichen also bei der Reduction des Centralkanales nach vorhergegangener chemischer Veränderung ihres Baumateriales einfach auseinander; wahrscheinlich fällt auch hier die Substanz, welche dieselben mit einander verbindet, zuerst der resorbirenden Wirkung des Körpersaftes zum Opfer, wie wir dasselbe bereits anderweitig zu beobachten Gelegenheit hatten. Am leichtesten und klarsten lässt sich dieser Zerfall natürlich in dem hintersten Theile des Schwanzes studiren, wo das Rückenmark in seiner Entwickelung sich nicht über das Stadium des aus einer einfachen Lage von Zellen gebildeten Rohres hinaus erhebt.

---

[1]) Barfurth, l. c. p. 45.

Es entfernen sich hier die aus dem Verbande der übrigen herausgetretenen Zellen des Centralkanales meist in centrifugaler Richtung, jedoch kommt es auch gar nicht selten vor, dass sie in die Höhlung des Kanales hineingelangen und hier eine ganze Strecke weit nach vorn von der Oeffnungsstelle aus, oft in grösserer Zahl, angetroffen werden. Eine Veränderung ihrer mikroskopischen Structur bin ich an diesen Zellen, oder vielmehr Kernen, ebensowenig im Stande gewesen nachzuweisen, wie ein etwa verändertes Verhalten Farbstoffen gegenüber.

Ich habe mir in der Folge unendliche Mühe gegeben, das fernere Schicksal gerade dieser Kerne zu verfolgen; schien es doch von vorn herein nicht schwer, diese durch ihre starke Färbung ausgezeichneten und aus der Nähe ihrer Ursprungsstätte niemals weit sich entfernenden Gebilde im Auge zu behalten, oder unter anderen Elementen wiederzuerkennen. Doch es gelang mir nicht! Anfangs lassen sich dieselben wohl noch ganz leicht als das, was sie sind, recognosciren, später jedoch blassen sie augenfällig ab, ihr chromatisches Gerüst wird gröber und zerfällt in einzelne unregelmässige Partikel, und schliesslich verschwinden sie so in den von allen Seiten andrängenden Zerfallsproducten anderweiter Organe, dass es unmöglich ist, bestimmte Merkmale für sie allein aufzufinden; wir werden bei Gelegenheit der Besprechung des Bindegewebes noch weiter hiervon zu reden haben. (Vergl. die Fig. 16, 17, Taf. I; 18, Taf. II.)

Ehe jedoch das völlige Auseinandergehen der Centralkanalzellen zu Stande kommt, lassen sich bereits äusserlich am Rückenmarke einige Veränderungen auffinden, die auf einen bald eintretenden Zerfall hindeuten und oft so stark ausgeprägt sind, dass bereits lange vor der Stelle, wo die endgültige Trennung stattfindet, dasselbe einen sehr verwahrlosten, ruinenhaften Eindruck macht. Während es im normalen Schwanze stets gestreckt und in gerader Linie, mit regelmässig glatten äusseren und inneren Contouren über der Chorda hinzieht, zeigt es jetzt von alle dem Gesagten oft gerade das Gegentheil.

Es wurde bereits weiter oben (p. 15 f.) erwähnt, dass die Chorda ihren ursprünglich gestreckten Verlauf einbüsst und sich in mehr oder minder starke Biegungen und Krümmungen zusammenlegt, ehe sie ihrer völligen Auflösung anheimfällt. Auf diesem unregelmässigen Verlaufe wird sie constant und getreulich von dem über ihr hinziehenden Rückenmarke begleitet; es kann auf diese Weise zu Stande gebracht werden, dass auf einem Querschnitt durch den Schwanz der Froschlarve ein Längsschnitt des Rückenmarkes gelegen ist; gelegentlich habe ich auch auf dorsoventralen Längsschnitten des ungefähr 8 mm lang abgeschnittenen Endes von Schwänzen von Pelobates und Rana esculenta, die im Ganzen noch $^3/_4$ der Länge der Hinterextremitäten massen, sogar 14 und mehr Quer- und Längsschnitte des Rückenmarkes gefunden. (Vergl. Fig. 15 Taf. I.)

Untersucht man nun dieses vielfach gefaltete Rückenmark genauer, so zeigt sich vor allem, dass die Zellen des Centralkanales ihre frühere Anordnung nicht selten wesentlich geändert haben; viele sind aus dem Verbande heraus, theils nach aussen heraus, mitunter auch in das Lumen des Kanales hineingedrückt worden, zwischen anderen befinden sich sehr weite Lücken, die unter Umständen zu ganzen Löchern in der Wand des Kanales werden können; einmal sah ich

auch und zwar bei Pelobates im Anfange der Reduction, wie am letzten Ende der ursprünglich cylindrische Rückenmarkskanal zu einer ganz flachen Rinne auseinandergefallen war, die sich nach vorn allmählich schloss, nach hinten aber einfach ohne bestimmte Grenze ihr Ende fand. (cf. Fig. 17, Taf. I.)

Die hier beschriebenen Thatsachen nun sind es gewesen, welche mich zu der oben ausgesprochenen Ansicht führten, es möchte das Rückenmark des in Reduction befindlichen Schwanzes, trotzdem es im allgemeinen seinen Zusammenhang und auch das normale Aussehen seiner Zellen sehr lange beibehält, doch bereits nicht unbeträchtlich früher seine normale Functionsfähigkeit einbüssen. und das um so mehr, als nachgewiesenermaassen gerade bei diesem difficilen Organsysteme die geringsten Insulten sofort Functionsstörungen im Gefolge haben.

Die bis jetzt angeführten Thatsachen beziehen sich streng genommen nur auf denjenigen Theil des Rückenmarkes, der in seiner Entwickelung niemals über das Stadium des einfachen Zellenrohres hinausgeht. Aber auch bei dem übrigen, wo eine weisse, also Fasersubstanz in mehr oder minder mächtiger Lage sich entwickelt hat, verlaufen die Vorgänge nach Resorption der letzteren völlig entsprechend der angegebenen Weise, indem nach vorhergegangener, oft sehr auffälliger Störung der normalen Form Auseinanderweichen und Zerstreuen der Zellen, resp. der Kerne stattfindet. Hier bemerkt man jedoch schon früher ausser der Pigmentbildung an den Kernen Spuren des Ablebens, indem unter gleichzeitigem Blasserwerden des Protoplasmas, wie gewöhnlich, die Kernstructuren gröber und massiger werden.

Die Auflösung der Fasern wird eingeleitet durch Schwund des Markes; in welcher Weise dieser erfolgt, das werden wir am besten bei Gelegenheit der Degeneration der Nervenfasern schildern. Es bleibt nach Resorption desselben auf dem Querschnitt das von der Bindegewebsscheide umgebene, sehr zarte Fasernetz der weissen Substanz bestehen, das hier lediglich aus den Primitivscheiden der einzelnen Fasern zu bestehen scheint. Längere oder kürzere Zeit nach Schwund des Markes treten in der Bindegewebshülle Spalten und Löcher auf, durch die rothe und weisse Blutkörperchen, sowie andere Zerfallsproducte der Gewebe gegen die frühere weisse Substanz vordringen. Diese scheint binnen kurzem durch einfache Auflösung der noch vorhandenen Nervenscheiden verloren zu gehen, denn man sieht die erwähnten Elemente bald bis unmittelbar an die Zellen des Centralkanales herantreten und dessen sich loslösende Elemente zwischen sich aufnehmen, während von einer weissen Substanz auch nicht eine Spur mehr zu entdecken ist.

Soviel über die Degeneration des Rückenmarkes; über diejenige der

B. Spinalganglien

ist wenig zu sagen. Die diese zusammensetzenden histologischen Elemente behalten, wie diejenigen des Rückenmarkes, ihren gegenseitigen Verband ziemlich lange bei — wenn die letzten, dicht vor der atrophirenden Spitze des Schwanzes gelegenen Ganglien auch, gerade wie dies schon vom Rückenmarke hervorgehoben worden ist, ihren unversehrten Charakter mehr oder minder ein-

gebüsst haben und ihre Elemente nur noch in lockerem, rein äusserlichem Verbande zu stehen scheinen. (Vergl. Fig. 19, Taf. II.) Da sie ausserdem später auseinanderfallen, als die mit ihnen auf demselben verticalen Querschnitte gelegenen anderen Organe, so werden die ursprünglich am weitesten hinten im Schwanze gelegenen Ganglien allmählich nach vorn gedrängt, und man erhält sie schliesslich auf einen viel kleineren Raum zusammengedrängt (und zwar selbstverständlich in directer Beziehung zu den Biegungen und Faltungen des Rückenmarkes), als sie früher eingenommen haben.

Der Zerfall geht so vor sich, dass die einzelnen Zellen unbedeutend an Masse abnehmen und etwas einschrumpfen. Offenbar kommt es auch bei ihnen zu einer Substanzabgabe, ein Verhältniss, was noch an Wahrscheinlichkeit gewinnt durch die Beobachtung, dass in der Substanz der Ganglienzellen sich nicht selten Vacuolen in der Ein- oder Mehrzahl auffinden lassen. (cf. Fig. 20, Taf. II.) Es entsteht dann ein heller Raum um die Zellen herum, während zu gleicher Zeit im Inneren wiederum Pigmentkörnchen auftreten und die Wahrscheinlichkeit von Umsetzungen chemischer Natur bei der mit Substanzverlust verbundenen Volumabnahme der Ganglienzellen vor Augen führen.

Sehr charakteristisch ist hierbei das Verhalten der Kerne. Während dieselben unter normalen Umständen in ihrem Chromatingerüst ein deutliches Kernkörperchen von starkem Glanze aufweisen, treten jetzt unter Schwund dieses Gerüstes mehrere, bis 5 oder 6 kleine, runde, stark gefärbte und stark glänzende Kügelchen auf, unter denen das frühere Kernkörperchen nicht mehr herauszufinden ist, während zu gleicher Zeit die Substanz des Kernes, die nach aussen durch eine meist sehr scharfe, oft höckerige Grenze umschlossen ist, völlig blass und hyalin wird. (cf. Fig. 21, Taf. II.) Es sind dies offenbar dieselben Erscheinungen, die wir als Zeichen des herannahenden Endes bereits bei den Epithelzellen, wenn auch bei diesen, ihrer geringeren Grösse wegen, nicht in so augenfälliger Weise ausgeprägt gefunden haben, und die in neuerer Zeit völlig übereinstimmend von Hermann[1]) beschrieben worden sind.

Später trifft man diese Kügelchen zuweilen auch frei zwischen den noch übrigen Elementen des Ganglions an, so dass möglicherweise eine weitere Auflösung dieser Zellen und Kerne an Ort und Stelle erfolgt; etwas sicheres kann ich jedoch nicht angeben. Auch die noch wenig, oder ganz unveränderten, nervösen Elemente der Ganglien zerstreuen sich schliesslich und gehen hier oder da ihrem Untergange entgegen, nachdem die bindegewebige Grundmasse, durch die sie zusammengehalten werden, ihre Bestandtheile aufgelöst und die Ganglienzellen frei gegeben hat. Freie Ganglienzellen, die dasselbe Aussehen zur Schau tragen, wie die conservirten und gefärbten, trifft man gelegentlich auch auf frischen Präparaten von weiter vorgeschrittenen Reductionsstadien an.

---

[1]) Hermann, Ueber regressive Metamorphose des Zellkernes. Anat. Anz. III. 1888. No. 2. p. 18.



C. Die peripheren Nerven.

Ueber die letzten, marklosen Ausläufer der peripheren Nerven des Froschlarvenschwanzes, deren normales Verhalten namentlich in den Untersuchungen von Hensen[1]), und neuerdings auch von Kölliker[2]) eingehend untersucht und dargestellt worden ist, resp. über deren Rückbildung kann ich nichts mittheilen. In den Flossensäumen der Schwänze lebender Larven kann man dieselben vor Beginn der Reduction ohne Mühe beobachten; sowie aber eine Rückbildung eingeleitet und vor allem die Beschaffenheit der äusseren Epithellagen eine weniger durchsichtige geworden ist, gelingt es nur noch schwer, sie zu sehen und zu verfolgen. Das einzige, was sich noch constatiren lässt, ist, dass sie meist ziemlich plötzlich aufhören, ohne dass man mehr erkennen könnte. Noch später, wenn die Haut anfängt sich zu verdicken, ist von ihnen absolut nichts mehr zu erkennen.

Günstiger gestalten sich die Verhältnisse in Bezug auf die stärkeren, markhaltigen Nervenfasern, da man dieselben einmal während des Lebens längere Zeit im Auge behalten kann, und sie andererseits auch auf Zupfpräparaten leicht wiederzuerkennen im Stande ist. Auf Schnitten habe ich über das Verhalten der peripheren Nerven überhaupt nicht viel herausbekommen können, da sie hier nie auf längere Strecken zu verfolgen sind, und sich ausserdem infolge der Auflösung des Markes nur gar zu leicht der Beobachtung entziehen.

Die erste Veränderung, die man an den markhaltigen Nerven des Froschlarvenschwanzes während der Rückbildung wahrzunehmen vermag, ist eine im Laufe der Zeit immer mehr zum Ausdruck kommende Aufgabe des ursprünglich ziemlich geraden und gestreckten Verlaufes. Die Fasern biegen und krümmen sich stark zusammen (vergl. Fig. 23, 24, Taf. II), ein Umstand, der offenbar dadurch hervorgebracht wird, dass sie ihre Zusammensetzung und ursprüngliche Länge noch behalten, während infolge der fortschreitenden Auflösung der Gewebe der Schwanz an Volum verliert und kürzer wird. Ob hierbei ein Auftreten von kleinen, stark glänzenden Körnchen, die ich aber nicht mit Bestimmtheit als Pigmentkörnchen zu erkennen vermochte, in der Umgebung der Kerne in den bindegewebigen Scheiden der Nerven mit dem Zerfall, resp. mit einer beginnenden Zersetzung der einscheidenden Zellen in Verbindung zu bringen sein dürfte, darüber bin ich nicht vollkommen klar geworden. Für die Wahrscheinlichkeit des Zusammenhanges kann der Umstand sprechen, dass diese Körnchen nur in der Spitze des Schwanzes und in dessen Nähe auftreten, während sie weiter vorn fehlen (Fig. 22, Taf. II).

Gleichzeitig mit der Zusammenkrümmung der Nervenfasern kann man nun an der äusseren Grenze der stark lichtbrechenden Marksubstanz bemerken, dass dieselbe, abgesehen von den bekannten Schnürringen Ranvier's, nicht mehr

[1]) Hensen, Ueber die Entwickelung des Gewebes und der Nerven im Schwanze der Froschlarven. Virch. Arch. 31. Bd. 1864. p. 51. Ders., Ueber die Nerven im Schwanze der Froschlarven. Arch. f. mikr. Anat. IV. 1868. p. 111.

[2]) Kölliker, Histolog. Studien etc.



ganz glatt verläuft, sondern ebenfalls gezähnelt oder eingekerbt wird, als ob sie der Länge nach zusammengedrückt würde (vergl. Fig. 22, Taf. II); vielleicht steht dies mit der Krümmung der Fasern und der Verkürzung des Schwanzes in Verbindung.

Der eigentliche Zerfall der Nervensubstanz beginnt aber damit, dass die Marksubstanz, welche früher einen continuirlichen Strang durch den ganzen Nerven hindurch darstellte, diesen Zusammenhang aufgiebt, indem an erst vereinzelten, später sich mehrenden Stellen Continuitätstrennungen, Zerreissungen des Markes auftreten, zwischen denen noch deutlich die an diesen Stellen zusammenfallende Primitivscheide sichtbar bleibt.

Ich glaube, dass dies derselbe Process ist, den bereits Courvoisier[1]) bei künstlich hervorgerufener Nervendegeneration beobachtet hat, und den er als eine »Markgerinnung« (Coagulation) und Degeneration unter Bildung von »Degenerationskügelchen« bezeichnet. Freilich habe ich in den beigegebenen Abbildungen die von mir beobachteten typischen Bilder nicht wiederfinden können; indessen findet sich bei Wagener[2]) unter den Abbildungen auch eine Figur (30), die, von Lieberkühn an jungen, lebenden Froschlarven beobachtet, in der Erklärung als einem »Nerven mit Trennungen im Verlaufe des Muskels« angehörig bezeichnet wird (p. 310) und ganz naturgetreu ein solches Stadium darstellt. Es hat also schon Lieberkühn die hier beschriebene Auflösung der Nerven bei lebenden Larven beobachtet.

Da übrigens die Marksubstanz eine zähflüssige, keine feste Substanz darstellt, so sind auch die Trennungsflächen der einzelnen Abschnitte niemals scharfkantig, sondern stets abgerundet.

Dieser Theilungsprocess des Markes schreitet im Laufe der Zeit weiter fort, und zwar bei isolirt laufenden Nerven in ganz gleicher Weise, wie bei den zu starken Bündeln vereinigten Fasern; letztere erhalten dadurch, dass jeder der einzelnen Marktropfen das Licht an seinen Oberflächen bricht, bei durchfallendem Lichte ein fast opakes, bei auffallendem Lichte ein glänzend milchweisses Aussehen, so dass man die Nervenbündel jetzt sehr gut als blendend weisse Fädchen mit blossem Auge erkennen kann. (Vergl. Fig. 27, Taf. II.)

Ich habe nun an Zupfpräparaten sehr oft gesehen, dass die Tropfen der Marksubstanz als mehr oder minder regelmässig kugelige Auswüchse mit doppelten, ausserordentlich stark lichtbrechenden Contouren den Nerven aufsassen, und also aus der Primitivscheide nach Zerreissung derselben nach aussen hervorgetreten waren; doch glaube ich, dass dieses Hervortreten nur eine Folge der Behandlung gewesen, und dass im normalen Zustande diese Tropfen innerhalb desselben sich auflösen; wenigstens habe ich zwischen den grossen Klumpen derselben innerhalb der Scheide auch kleine Tröpfchen gesehen, die durch allmähliche Verkleinerung aus den grossen entstanden sein konnten.

[1]) Courvoisier, Beobachtungen über den sympathischen Grenzstrang. Arch. f. mikr. Anat. II. 1866. p. 35.

[2]) Wagener, Ueber einige Erscheinungen an den Muskeln lebendiger Corethra plumicornis-Larven. Arch. f. mikr. Anat. X. 1874. p. 293.

Doch sei dem, wie ihm wolle, von grosser Bedeutung ist diese Frage jedenfalls nicht; ungleich wichtiger dürfte die Thatsache sein, dass ich niemals auch nur einen einzigen Leukocyten in der Nähe der zerfallenden Nerven, weder im unversehrten Schwanze, noch in Zupfpräparaten auffinden konnte, und dass, so viele ich von letzteren auch anfertigte, und so eingehend ich sie durchsuchte, ich unter den zahllosen Leukocyten nicht einen einzigen antraf, der einen der erwähnten Marktropfen in sich aufgenommen gehabt hätte. Ich kann mir deswegen nicht anders denken, als dass bei den bezüglichen Metschnikoff'schen Untersuchungen [1]) ein aussergewöhnliches und nicht häufig vorkommendes Factum zu Grunde gelegen haben muss; es müsste denn gerade sein, dass von allen Batrachiern allein bei Bombinator der Process in abweichender Weise verliefe, als bei den übrigen Batrachiern, und das ist doch wohl kaum wahrscheinlich.

Hingegen findet man auf allen Zupfpräparaten mit Ausnahme derjenigen der allerersten Stadien die Zerfallsproducte der Nerven in ihrer ausserordentlich charakteristischen Gestalt unter den zahlreichen, rothen und weissen Blutkörpern und den Bruchstücken und Trümmern der anderen Gewebe häufig wieder. Sie zeichnen sich aus, gerade wie die Marksubstanz der Nerven, durch ihr ausserordentliches Lichtbrechungsvermögen, infolgedessen der scharfe, schwarze und meist doppelte Contour deutlich gegenüber dem hellen, hyalinen Inhalte hervortritt. Die Form dieser Tropfen ist meist mehr oder weniger regelmässig kugelig, jedoch findet man gar nicht selten auch bizarre, völlig unregelmässige Gestalten (vergl. Fig. 26, Taf. II), die dafür sprechen, dass die Marksubstanz des Nerven zwar flüssig, aber doch immerhin von einer so hohen Consistenz ist, um die Abrundung zu einem Tropfen nicht ohne Weiteres nach der Isolirung erfolgen zu lassen.

Ich glaube also, dass die weitere Auflösung der Marksubstanz innerhalb der Primitivscheide erfolgt; es spricht für diesen Umstand weiter, dass man gar nicht selten Fasern findet, deren Markscheide nur noch aus einzelnen, weit von einander getrennten Tropfen besteht, und dass dieselbe sogar an einem bestimmten Punkte ganz aufhört, während man von hier aus die Primitivscheide mit ihren Zellenkernen, oft auch noch ihre weiteren Verästelungen eine Strecke weit deutlich verfolgen kann, bis sie sich schliesslich dem Blicke entzieht. (Vergl. Fig. 25, Taf. II.)

In ganz der gleichen Weise, wie es hier von den isolirten Nervenfasern und den stärkeren Nervensträngen geschildert wurde, geht auch, wie schon oben angedeutet, der Zerfall der Fasersubstanz des Rückenmarkes, soweit eine solche vorhanden ist, vor sich. Ich habe derselben nichts hinzuzufügen.

Es findet also, wie aus den angegebenen Thatsachen erhellt, auch der Zerfall des Rückenmarkes und der Nerven selbstständig, ohne actives Eingreifen der Leukocyten statt; die unter Bildung von Pigmentkörnchen entstehenden Zerfallsproducte gehen durch einfache Auflösung in der Leibesflüssigkeit verloren.

---

[1]) Metschnikoff, Untersuch. üb. d. mesod. Phagoc. etc.

3. Reduction der Muskeln.

Die Litteratur über den Bau und die Entwickelung der normalen, quergestreiften Muskelfaser an dieser Stelle anzuführen, dürfte wohl zu weit führen; sind doch die Publicationen gerade über dieses Thema in neuerer Zeit ausserordentlich zahlreich geworden. Ausserdem kann ja der Bau der quergestreiften Muskeln im Allgemeinen wohl als bekannt vorausgesetzt werden; auf die bezüglich der feineren Details noch herrschenden Meinungsverschiedenheiten brauchen wir hier keinen Werth zu legen, da sie für uns belanglos sind.

Die ersten Anzeichen von einer Rückbildung der Muskelbündel im Schwanze machen sich, wie bereits eingangs erwähnt, schon auf einem sehr frühen Entwickelungsstadium geltend; bei jungen Larven, deren Hinterbeine erst die Hälfte ihrer vollen Grösse erreicht haben, trifft man gelegentlich auf Querschnitten durch den Schwanz schon einzelne Muskelfasern, wenn auch vorerst nur in sehr geringer Anzahl, welche sich zum Untergange vorbereiten; und noch ehe die Vorderextremitäten völlig durchgebrochen sind, ist bei ihnen der Zerfallsprocess fast bis ans Ende vorgeschritten, während an neuen Muskeln die Rückbildung eingeleitet worden ist.

Auffällig muss es hierbei scheinen, dass diese schon so früh atrophirenden Elemente nicht etwa, wie man vielleicht erwarten sollte, in dem äussersten Hinterende des Schwanzes, das ja zunächst von dem Zerfallsprocesse ergriffen wird, angetroffen werden, sondern sich weiter vorn, bis unmittelbar an der Basis des Schwanzes unregelmässig vertheilt finden. Wir werden später noch Gelegenheit haben, auf dieses interessante Factum zurückzukommen.

Ich will übrigens an dieser Stelle gleich erwähnen, dass die Rückbildung von Muskeln durchaus nicht auf die des Schwanzes beschränkt bleibt, sondern dass auch von denen des Stammes eine nicht geringe Zahl dem Untergange anheimfällt. Namentlich sind es Theile des longissimus dorsi und der intertransversarii und interspinales (intercrurales Ecker), auf die sich der Reductionsprocess des Schwanzes fortpflanzt, indem dieselben noch zu einer Zeit obliteriren, wo von letzterem keine Spur mehr, oder nur noch ein kleiner, dunkler Höcker als letzter Rest äusserlich sichtbar ist.

Ob diese Atrophie von Stammmuskeln nach einem bestimmten Gesetze stattfindet, oder ob es gewisse, nicht ohne Weiteres ersichtliche Gründe sind, welche nur den einen oder anderen dieser Muskeln spontan zum Schwunde bringen, darüber etwas Positives anzugeben, dürfte vor der Hand unmöglich sein.

Was nun den Zerfallsprocess selbst anbelangt, so scheint derselbe im Anfange etwas langsamer, später dagegen in beschleunigterem Zeitmaasse vorzuschreiten, ausserdem deuten auch hier gewisse Unregelmässigkeiten darauf hin, dass derselbe nicht stetig, sondern wahrscheinlich im Anschluss an die Rückbildung der Epidermis, in gewissen Zeitintervallen intensiver, d. h. schubweise stattfindet. Auch hier aber werden wir sehen, dass eine aktive Beihülfe von Seiten der Leukocyten nicht nachzuweisen ist, und dass

der Zerfall vollkommen selbstständig, wie bei den anderen Geweben aus sich selbst heraus Platz greift.

Der Beginn desselben macht sich an den davon betroffenen Fasern zunächst dadurch kenntlich, dass sich die einzelnen, die Faser zusammensetzenden Fibrillen auflockern und ihren gegenseitigen Zusammenhang mehr oder minder aufgeben, indem wahrscheinlich die Kittsubstanz, welche nach der Ansicht verschiedener Autoren die aus den sarcous elements (Bowman) zusammengesetzten Fibrillen zu einem Bündel verbindet, in Lösung übergeht, indessen die Fibrillen selbst dabei vor der Hand noch deutlich ihren feineren histologischen Aufbau bewahren.

Man bekommt dann von dem Muskel ein Bild, wie es in Fig. 29, Taf. II darzustellen versucht worden ist; derselbe erscheint zusammengesetzt aus einer grossen Anzahl gestreckt dicht nebeneinander hinlaufender, oft aber auch unregelmässig durcheinander ziehender, feiner Fäden, die aus einzelnen Körnchen, den sarcous elements sich aufbauen. Es erinnerte mich dieser Befund sofort an die Beobachtungen Genzmer's [1]) über die Auflösung des hyalinen Knorpels in der Umgebung von Verletzungen; derselbe fand hier einmal eine wellenförmige Zerfaserung der Grundsubstanz, die wahrscheinlich in einer durch den »Entzündungsreiz« hervorgebrachten Lockerung der im normalen Zustande die Fibrillen der Intercellularsubstanz zu einem optisch homogenen Ganzen vereinigenden Kittmasse, sowie in einer Verflüssigung und damit verbundener Aenderung des Brechungsvermögens derselben besteht; ausserdem machten sich diese in der Umgebung der verletzten Stellen gelegenen, veränderten Gewebspartien durch eine vermehrte Tinctionsfähigkeit bemerkbar, ein Verhalten, zu dem wir in den gleich zu besprechenden weiteren Umwandlungen der Muskelfasern ein Analogon finden werden.

In den letzten Stadien der Rückbildung des Schwanzes nun, wo nicht selten das Einsinken der Schwanzspitze schneller stattfindet, als dass die Auflösung der Muskeln damit Schritt zu halten im Stande ist, können auch die Muskelfasern ihre gestreckte Lage nicht mehr beibehalten; sie legen sich dann in vielfache und dicht gedrängte Falten zusammen und zwar meist nach vorhergegangener Lösung des Längsbindemittels, so dass die einzelnen Fibrillen dieser Muskeln dem Beobachter ein typisch lockig gewelltes Bild darbieten. Die Fibrillen selbst haben dabei bis jetzt ihre feinere Zusammensetzung noch völlig intact erhalten; in der Folge aber beginnt dieselbe undeutlicher zu werden, indem die Fibrillen zu gleicher Zeit einander wieder näher rücken und augenscheinlich mit einander verkleben.

Gleichzeitig mit diesem Processe des Verklebens, und wahrscheinlich sogar als die Ursache desselben findet eine Umwandlung der chemischen Constitution der Faser statt; denn während bisher die Muskeln den Farbstoffen gegenüber (wenigstens Carmin und Hämatoxylin) keine grosse Attractions-

---

[1]) Genzmer, Ueber die Reaction des hyalinen Knorpels auf Entzündungsreize und die Vernarbung von Knorpelwunden etc. Virchow's Archiv. 67. Bd. 1876. p. 75.



kraft zeigten, hat dies jetzt fast dem Gegentheil Platz gemacht; namentlich mit Carmin (Picrocarmin), weniger mit Hämatoxylin, färben sich die so veränderten Bündel in ausserordentlich starkem Maasse und treten daher überall deutlich gegenüber den noch nicht bis zu diesem Stadium vorgeschrittenen hervor, eine Erscheinung, die mit der von Genzmer beobachteten, vermehrten Tinctionsfähigkeit der atrophirenden Knorpelgrundsubstanz eine gewisse Verwandtschaft nicht verkennen lässt.

Auch die von Barfurth[1]) hervorgehobenen Verschiedenheiten in der Einwirkung der Osmiumsäure auf die Substanz der normalen Muskeln und auf die der später auftretenden Zerfallsproducte derselben spricht für diese Aenderung der chemischen Zusammensetzung, die freilich, wie wir sehen, nicht erst mit dem definitiven Zerfallen des Muskels, sondern bereits lange vor demselben eintritt, und ein vorbereitendes Moment für den letzteren darstellt.

Von diesem Stadium an können nun die einzelnen Fasern ein sehr verschiedenes Aeussere zur Schau tragen. Das einfachste Verhalten, das auch, namentlich in den Anfangsstadien der Rückbildung des Schwanzes, gar nicht selten vorkommt, ist das, dass die ganze Faser ein durchaus gleichartiges, stark lichtbrechendes Verhalten und grosse Imbibitionsfähigkeit mit Carmin zeigt. Von einer Längsstreifung ist hier nur noch wenig zu sehen, dagegen tritt die Querstreifung, wenn auch die einzelnen Streifen nach vorn und hinten nicht ganz scharf begrenzt sind, deutlich hervor. Dabei ist zugleich, und zwar nicht nur hier, sondern auch in allen den übrigen, noch zu erwähnenden Fällen, das Volum des ursprünglichen Muskels nicht das gleiche geblieben. Es ist vielmehr, jedenfalls in Folge von Abgabe verflüssigter Substanz, kleiner geworden und man sieht dann die Faser auf dem Längsschnitte sowohl, deutlicher auf dem Querschnitte, durch einen mehr oder minder grossen Spaltraum von dem sie umgebenden Sarkolemma und Bindegewebe getrennt (Fig. 31, Taf. II).

Ein ähnliches Verhalten zeigen manche andere Muskeln, und zwar auch meist zu Anfang des Verklebungsstadiums (vergl. Fig. 30, Taf. II). Die ganze Faser ist hier von einem fast regelmässig zu nennenden, gesprenkelten Aussehen, indem hier die zusammensetzenden Fibrillen nicht in ihrer ganzen Länge die stark färbbare Veränderung aufweisen, sondern nur von Strecke zu Strecke verändert und verklebt sind; dazwischen liegen dann immer Theile von weniger veränderter oder noch fast normaler Structur, wodurch ein ganz eigenthümliches Bild hervorgerufen wird.

Das bei Weitem häufigste Bild, welches ein in Zerfall begriffener Muskel darbietet, ist in der Fig. 33, Taf. II dargestellt. Da nämlich die zur gegenseitigen Verschmelzung führende Veränderung der Muskelfibrillen nur selten durch die ganze Masse der Faser zu gleicher Zeit, auch nur selten auf so regelmässig abwechselnde Strecken, wie in dem eben beschriebenen Falle, sich geltend macht, so kann ein solcher Muskel die verschiedenartigsten, mehr oder minder entstellten Bilder darbieten. Meist sieht man die etwas wellig zusammengedrückte Masse

[1]) Barfurth, l. c. p. 49.



desselben durchzogen von ziemlich unregelmässig verlaufenden, zackig begrenzten, queren Bändern, die sich dunkler färben und in denen in Folge des stattgehabten Umsetzungsprocesses die Längsstreifung nur noch schattenhaft angedeutet, die Querstreifung hingegen zwar verwaschen, aber deutlich ausgeprägt ist. Die einzelnen Bänder sind von einander getrennt durch Strecken unveränderter Fibrillen, die theilweise noch isolirt neben einander hinlaufen und blasser erscheinen, als die Bänder.

Diese eben geschilderten Verhältnisse kann man nun nicht sowohl an frischen Präparaten, wenn auch hier in Folge der Dicke der Fasern nicht so deutlich ausgesprochen, als besonders an Schnitten durch conservirte Objecte beobachten; namentlich instructiv sind in dieser Beziehung die Querschnitte, auf denen man im Stadium der Auflösung die Querschnitte aller einzelnen Fibrillen, oft durch ansehnliche Zwischenräume von einander getrennt, deutlich zu erkennen im Stande ist; zwischen denselben erscheint oft eine äusserst feinkörnige, den gesammten Querschnitt ausfüllende Masse: offenbar die durch die Conservirungsmittel niedergeschlagene, aus der Auflösung der Kittsubstanz der Fibrillen hervorgegangene, protoplasmatische Masse. (Vergl. Fig. 34, Taf. II.)

Auf späteren Präparaten sieht man die Fibrillen einander näher gerückt und, nachdem sie etwas gequollen sind, schliesslich in grösseren oder kleineren Partien so mit einander verschmolzen, dass der Querschnitt dieser verklebten Complexe fast homogen, stark gefärbt, und nur von einzelnen kleinen Spältchen durchzogen erscheint. Auch hier zeigen die veränderten Muskelpartien keinerlei regelmässige Anordnung; fast überall lassen sich zwischen ihnen noch isolirte, unveränderte Fibrillen in grösserer oder geringerer Anzahl nachweisen. Nur da, wo die Verklebung durch die ganze Masse der Faser aufgetreten ist, sieht man natürlich auch auf dem Querschnitte den runden, völlig homogen gewordenen und stark sich färbenden Muskelfaden, durch einen weiten Zwischenraum von dem umgebenden Sarcolemma getrennt, als eine einheitliche Masse erscheinen, die an ihrer Umgebung oft durch eine Anzahl feiner, jedenfalls protoplasmatischer Fäden festgehalten wird. (Vergl. Fig. 31, Taf. II.) Was diese Fäden, die ich namentlich bei Pelobates und Rana sehr häufig auftreten sah, zu bedeuten haben, darüber vermochte ich mir nicht Rechenschaft zu geben, ebensowenig wie ich zur Klarheit darüber gekommen bin, ob die einzelnen, hier beschriebenen Bilder von zur Auflösung sich anschickenden Muskeln eine genetische Reihe darstellen, oder ob es nur Modificationen eines einheitlichen Zerfallsprocesses sind. Manche der Bilder, die ich zu Gesicht bekam, schienen mehr für die eine Möglichkeit, eine Anzahl anderer für die andere zu sprechen: im Ganzen glaube ich keine allzugrosse Lücke zu lassen, wenn diese Frage einstweilen in suspenso bleibt.

Was das Verhalten der Muskelkerne während der eben beschriebenen Veränderungsprocesse der contractilen Substanz anbetrifft, so sind dieselben bekanntlich zunächst in der normalen Faser während des Lebens nicht immer und mit Leichtigkeit zu beobachten, ein Befund, der in vielen Fällen auch für conservirte und gefärbte Fasern Geltung hat: es scheinen die Kerne, je älter die betreffende Muskelfaser wird, desto mehr an Grösse und Sichtbarkeit zu verlieren. Während

der Reductionsperiode nun lassen sich an den auf eine unten angegebene Weise mit Carmin und Hämatoxylin doppelt gefärbten Präparaten die Muskelkerne überall und zwar meist ziemlich zahlreich erkennen, sowohl an der Oberfläche, als auch im Inneren eines Muskelbündels. Im ersteren Falle bieten sie in ihrem Aeusseren keine besonders bemerkenswerthen Eigenthümlichkeiten dar; je mehr sie aber nach der Tiefe der Faser zu gelegen sind, desto schmäler und fadenförmiger werden sie. Oft ist man von ihnen weiter nichts zu erkennen im Stande, als einen stark gefärbten, etwas geschlängelten oder gezackten Faden von 0,0009 Dicke und 0,015—0,018 Länge. (Vergl. Fig. 28, Taf. II.) Von A. van Gehuchten[1]) sind diese eigenthümlichen Formen der Muskelkerne von jungen und erwachsenen Fröschen in jüngster Zeit eingehend beschrieben und abgebildet worden, aus zahlreichen Uebergangsstadien, die er zwischen beiden, den normalen und den völlig fadenförmig gewordenen aufgezeichnet hat, lässt sich wohl der Schluss ziehen, dass diese eigenthümlich umgeänderten Formen von den normalen herstammen, und weiter nichts als alternde Kerne sind, deren flüssigere Kerngrundsubstanz geschwunden, während allein die hier während des ganzen Lebens einen einheitlichen Faden darstellende, chromatische Substanz (A. van Gehuchten) erhalten geblieben und zu dem knorrigen Faden geworden ist. Jedenfalls sind diese Veränderungen des Kernes mit den von Pfitzner beschriebenen, in alternden Kernen auftretenden nahe verwandt, und dürften auch auf demselben Grunde beruhen.

Während der ganzen Dauer der Reduction scheinen die Kerne in ihrer einmal angenommenen Zahl auch weiter zu verharren; ich habe mich weder davon überzeugen können, dass, wie Barfurth gesehen hat, eine Kernwucherung im Perimysium internum[2]), noch davon, dass in der Muskulatur selbst eine Abnahme der Kerne stattfinden soll[3]).

Wenn man nicht gerade den Zerfall des Kernes und seiner chromatischen Substanz in mehrere Bruchstücke als eine Vermehrung auffassen will, so muss ich gestehen, dass ich von einer »Kernvermehrung« während der Reductionsperiode bei keinem Gewebe mich habe mit Sicherheit überzeugen können, wie ich es bei der Cutis bereits hervorhob. Trotzdem lässt eine grosse Anzahl älterer und neuerer Beobachter alle Degenerationsprocesse, namentlich aber pathologische Degenerationen, begleitet sein von einer Vermehrung der Kerne, einer »Kernwucherung«, die oft, wie die beigegebenen Abbildungen zeigen, ausserordentliche Dimensionen annehmen kann[4]).

---

[1]) A. van Gehuchten, Étude sur la structure intime de la Cellule musculaire striée chez les Vertébrés. La Cellule. T. IV. 2e fasc. 1888.

[2]) Barfurth, l. c. p. 53.

[3]) Ders., l. c. p. 55.

[4]) Vergl. hierzu von den äusserst zahlreichen Arbeiten über pathologische Muskelatrophie bezügl. der Litteratur: Schultze, Ueber die mit Hypertrophie verbundene progressive Muskelatrophie und ähnliche Krankheitsformen. Wiesbaden 1886. Ferner für ausserordentliche Vermehrung der Kerne unter besonderen Bedingungen ausser den Untersuchungen von Leuckart, Pagenstecher, Wagner u. A. Fiedler, Kernwucherungen in den Muskeln bei der Trichinenkrankheit. Virch. Arch. 30. Bd. 1864. p. 461.

Wie freilich die Vermehrung der Kerne vor sich geht, resp. woher die neugebildeten Kerne kommen, darüber finden sich nur äusserst spärliche Angaben; bei den Froschlarven möchte ich für die Auflösung der Gewebe während der Verwandlung, — für die physiologische Degeneration derselben also —, abgesehen natürlich von einem als Folge des Absterbens auftretenden Auseinanderbröckeln, eine Vermehrung der Kerne bestimmt in Abrede stellen.

Unmittelbar an die im Vorhergehenden beschriebene Veränderung und Verschmelzung der Fasern schliesst sich nun der definitive Zerfall derselben an, der mit ziemlicher Geschwindigkeit vor sich zu gehen scheint. Denn meist findet man auf Schnitten durch in Reduction befindliche Schwänze die Muskeln entweder noch auf dem Stadium der Verklebung der Fibrillen, oder bereits zum weitaus grössten Theile in Fragmente zerfallen; Zwischenstufen werden nur selten getroffen. Am deutlichsten sind die letzteren auf Längsschnitten zu erkennen; man sieht dann meist an der Stelle, wo früher der Muskel gelegen, ein Conglomerat unregelmässiger, quergestreifter und stark gefärbter Ballen, in deren Mitte ein ebenfalls stark gefärbtes, unregelmässig gespaltenes und zerklüftetes, in seinem Aussehen an morsches Holz erinnerndes Muskelstück mit wohl erhaltener Querstreifung gelegen ist, das durch Vertiefung der bereits vorhandenen Risse und Spalten in weitere Bruchstücke zerfällt. (Vergl. Fig 36, Taf. II.)

Diese Bruchstücke zerfallener Muskeln sind schon vor längerer Zeit gesehen, freilich, wie sich später herausgestellt hat, völlig falsch gedeutet worden. Beschäftigt mit Untersuchungen über postembryonale Neubildung von Muskelfasern fand Margò[1]) in den Rückenmuskeln junger Frösche, sowie in einer Anzahl von Embryonen anderer Thiere diese eigenthümlichen Körper, die in ihrem ganzen Habitus so auffällig an die Structur der quergestreiften Muskeln erinnerten und doch keine waren. Die Annahme einer Neubildung lag hier jedenfalls näher, als die eines Zerfalles, und da Margò ausserdem nur an conservirtem Materiale arbeitete, so war ein Irrthum in der Deutung der gemachten Befunde leicht genug möglich. Es war natürlich, dass diese Sarkoplasten Margò's, die einer viel vertretenen Ansicht über die Einzelligkeit der quergestreiften Muskelfaser feindlich gegenüberstanden, eifrigst gesucht, aber naturgemäss nicht gefunden wurden, obgleich eine ganze Anzahl von Forschern, die alle nur die ohne Abbildungen erschienene vorläufige Mittheilung Margò's kannten, dieselben unter dieser oder jener wechselnden Form wiedergefunden zu haben glaubten.

Es erfreuten sich infolgedessen die Margò'schen Sarkoplasten keiner allgemeineren Anerkennung, bis Margò's Ansichten durch die Arbeit von Paneth[2]), dessen ebenfalls nur an conservirtem Materiale angestellte Beobachtungen, was Sorgfalt und genaue Untersuchung anbelangt, nichts zu wünschen übrig lassen,

---

[1]) Margò, Neue Untersuchungen über die Entwickelung, das Wachsthum, die Neubildung und den feineren Bau der Muskelfasern. Denkschr. d. Kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien. 1862. XX. Bd.

[2]) Paneth, Die Entwickelung von quergestreiften Muskelfasern aus Sarkoplasten. Sitz.-Ber. d. Wien. Akad. Math.-Naturw. Kl. XCII. III. Abth. 1885.

eine weitere Unterstützung fanden. Auch Paneth trug anfangs Bedenken, dass es sich bei dem Auftreten dieser Sarkoplasten nicht vielleicht nur um einen Zerfall der Muskulatur, wie er etwa durch die Wirkung einer langen Gefangenschaft hervorgebracht werden könnte, handeln möchte; aber in Folge des eigenthümlichen und jedenfalls bemerkenswerthen Vorkommens dieser Gebilde in den Rücken- und Extremitätenmuskeln nicht nur eben verwandelter Fröschchen, sondern auch ganz junger Kaulquappen, entscheidet auch er sich für die Neubildung, obgleich er (l. c. p. 247) »gelegentlich erstaunt war, zu sehen, ein wie grosser Theil der ganzen Masse aus Sarkoplasten bestand«.

In Bezug auf die Resultate seiner Untersuchungen kommt Paneth einen Schritt weiter, als Margò; während dieser die Sarkoplasten noch für Zellen ansieht, sind es nach Paneth Producte von Zellen; es findet sich nämlich um die Sarkoplasten herum immer eine feine, nach aussen nicht scharf begrenzte Protoplasmamasse mit einem distincten, oft sehr eigenthümliche Formen annehmenden Kerne vor, und meist liegen auch mehrere Sarkoplasten in einer einzigen solchen Zelle. Durch die Annahme, dass die Sarkoplasten in der Zelle sich vermehren und zu einer einheitlichen Masse verschmelzen, dass auch der Kern sich theilt, ohne dass eine Zertheilung der Zelle nachfolgt, konnte dann die Lehre von der Einzelligkeit der Muskelfaser gerettet werden.

Erst durch die Untersuchungen von S. Mayer[1]), an frischen und noch lebenden Objecten angestellt, wurden die Sarkoplasten als das erkannt und beschrieben, was sie in Wirklichkeit sind, als die Zerfallsproducte der normalen, quergestreiften Muskulatur, die nicht Sarkoplasten, sondern Sarkolyten heissen müssen. Weiterhin konnte Mayer an seinem Materiale auch constatiren, dass die zellenartigen Körper, in denen die Sarkolyten gelegen sind, während des Lebens amöboide Beweglichkeit besitzen, eine Thatsache, die uns an einer anderen Stelle noch beschäftigen wird.

Trotz dieser sehr einleuchtenden und überzeugenden Angaben Mayer's sowie der bestätigenden Mittheilungen Barfurth's hält Paneth noch neuerdings[2]) seine Theorie der nachembryonalen Entstehung der Muskelfasern aus Sarkoplasten aufrecht, namentlich auf Grund des Umstandes, dass die Sarkoplasten nicht nur bei sich verwandelnden Fröschen, sondern auch bei Embryonen anderer Thiere an verschiedenen Stellen des Körpers getroffen werden, wo von einer Rückbildung und Atrophie der Muskeln keine Rede sein kann.

Die folgenden Darstellungen werden nun hoffentlich geeignet sein, die Frage, ob Sarkoplasten, oder Sarkolyten, wenigstens für den Frosch, einer endgültigen Lösung entgegenzuführen. Was meine eigenen Erfahrungen über die betreffenden Verhältnisse anbelangt, so will ich zunächst hervorheben, dass ich mich zu deren Studium mit sehr gutem Erfolge der von Paneth[3]) angegebenen Doppelfärbemethode mit einigen Abänderungen bedient habe. Ich färbte die Objecte vor-

1) S. Mayer, Die sogenannten Sarkoplasten. Anat. Anz. I. Jahrg. 1886. p. 231.
2) Paneth, Die Frage nach der Natur der Sarkoplasten. Anat. Anz. II. 1887. p. 136.
3) Ders., Die Entwickelung etc. p. 245.

her in toto mit Picrocarmin und zog die überschüssige Farbe gut aus; dann mit Hämatoxylin, entwässerte ohne langes vorheriges Auswaschen und klebte die nach Einbettung in Paraffin von diesen Objecten gewonnenen Schnitte vermittelst Eiweissglycerins auf dem Objectträger fest. Nach Auflösung des Paraffins mittelst Benzols wurde zuerst, zur Entfernung des Oeles, mit Alkohol absolutus abgespült und dann 96% Alkohol mit 2,5—3% HCl darüber gegeben. Dadurch wurde das Hämatoxylin in den Schnitten auf die Kerne beschränkt, die es viel fester gebunden halten, als das übrige Zellprotoplasma, und es so auch vor allzu schneller Zersetzung durch die Säure schützen. Die auf diese Weise entfärbten Präparate wurden nun in reinem Alkohol abgespült, und schliesslich, um eine Nachwirkung eventuell zurückgebliebener Säure und dadurch bedingtes, späteres Ausbleichen zu verhindern, mit Alkohol von 96% abgespült, dem einige Tropfen H_3N zugesetzt worden waren. Man erkennt sofort, ob genug wirksames Ammoniak vorhanden ist, indem dann die Präparate bei der Berührung ihre frühere hellbraunrothe Färbung fast augenblicklich mit einem reinen Blau vertauschen. Schliesslich wurden die Schnitte auf die gewöhnliche Art und Weise in Canadabalsam eingeschlossen.

Ich habe übrigens auch mit ebenso gutem Erfolge zu dieser Doppelfärbung Präparate verwandt, die in Picrocarmin gefärbt, geschnitten und bereits in Canadabalsam eingeschlossen waren. Diese Präparate wurden durch 1 tägiges Einlegen in Benzol wieder eröffnet und dann nach Entfernung des Oeles mit der Hämatoxylinlösung behandelt; beim Ausziehen mit der Säure muss hier darauf geachtet werden, dass das durch das Tinctionsmittel mitgefärbte Klebeeiweiss völlig wieder entfärbt ist; ganz abgesehen davon, dass der farbige Untergrund sehr störend wirkt, kann man ohne genaue Beachtung dieses Punktes zu argen Irrthümern verleitet werden.

Die Färbung mit Eosin vermied ich, da ganze Stücke sich nicht gut damit färben und ein Nachfärben auf dem Objectträger mit Eosin mit demselben Uebelstande verbunden ist, den auch das Hämatoxylin zeigt, nur dass er sich hier nicht in so einfacher Weise beseitigen lässt.

Man erhält nun auf die angegebene Weise im günstigen Falle Schnittpräparate, auf denen reinblaue Kerne mit ausserordentlich klarer und scharfer Structur in einer mehr oder minder rein rothen Protoplasmamasse eingebettet liegen.

Auf einem so gefärbten Längsschnitt durch einen zerfallenen Muskel lassen sich nun unter den sämmtlichen Muskelfragmenten, ausser gelegentlich vorkommenden kleinen, homogenen und roth gefärbten Tröpfchen und Körnchen in der Hauptsache viererlei verschiedenartige Gebilde unterscheiden.

Es sind dies einmal freie Sarkolyten von verschieden intensiver Färbung und verschiedenem Aussehen. Die am dunkelsten gefärbten zeigen auch alle noch am deutlichsten die Querstreifung und besitzen eine ziemlich wechselnde Gestalt, mit oft noch eckigen Contouren; je mehr in den einzelnen Sarkolyten die Intensität der Färbung herabsinkt, desto abgerundeter ist im allgemeinen auch ihre Gestalt, und desto mehr verwischt sich auch die anfangs noch so deutlich ausgesprochene Streifung und macht einer homogenen Beschaffenheit der Substanz Platz. Gleichen Schritt mit den eben genannten Veränderungen hält auch die optische Beschaffen-

heit der Fragmente; anfangs deutlich und stark doppelt brechend, verlieren sie diese Eigenschaft immer mehr, je mehr sie sich abrunden und blasser und homogener werden. Dass übrigens dieses die Regel bildende Verhalten nicht immer stricte eingehalten wird und Abweichungen mannigfacher Art vorkommen, ist wohl von vornherein zu erwarten und kann nicht Wunder nehmen.

Neben diesen freien Sarkolyten finden sich solche, die entweder für sich allein, oder noch mit einem oder mehreren anderen zusammen von einem feinen, scharfen Contour sich umschlossen zeigen; entweder liegt dieser Contour den Aussenrändern der Sarkolyten dicht an und zeigt sich nur an scharf eingebuchteten Stellen, oder er ist, und zwar in der Mehrzahl der Fälle, durch einen wechselnden Zwischenraum, in dem sich keinerlei körperliche Elemente, wohl aber bei genauerer Beobachtung öfters eine äusserst feinkörnige, blasse und ungefärbte Substanz nachweisen lässt, von der Peripherie der Sarkolyten getrennt. Die Vergleichung der zugehörigen Nachbarschnitte ergiebt, dass dieser Contour sich ohne irgendwie andere Ausstattung in variirender Entfernung ganz um die Muskelbruchstücke herum erstreckt. (Vergl. Fig. 43, Taf. III.)

Eine dritte Gruppe von Sarkolyten unterscheidet sich von den soeben beschriebenen nur dadurch, dass in dem, die Umhüllung bildenden Contour ein sehr stark gefärbter Kern von unregelmässiger platt gedrückter Gestalt gelegen ist, der im Profil gesehen immer einen Theil der äusseren Begrenzung bildet. Mitunter ist dieser Kern so dünn, dass er nur wenig über die Dicke der Membran hervortritt (Fig. 43,2, Taf. III); er erweist sich meist sehr stark gefärbt und lässt von einer inneren Structur fast keine Spur mehr erkennen, auch seine Form ist sehr unregelmässig und kann die bizarrsten Gestaltungen annehmen.

Verhältnissmässig selten trifft man unter den Sarkolyten auch solche an, die im allgemeinen zwar ihrem Habitus nach dem eben beschriebenen Typus angehören, jedoch dadurch von diesem sich unterscheiden, dass in ihnen einmal der Kern gross, nach allen 3 Dimensionen des Raumes ausgedehnt und in seiner Grundsubstanz mit einem deutlichen Gerüst ausgestattet ist, und dass diese Sarkolyten eine mehr oder weniger deutliche, körnig protoplasmatische und leicht gefärbte Umhüllung besitzen. Sie machen sich auf diese Weise sofort als von den oben beschriebenen verschiedene Bildungen kenntlich.

Schliesslich findet sich zwischen den bis jetzt namhaft gemachten Arten von Muskelbruchstücken noch eine vierte Art, die im Inneren statt der Sarkolyten nur noch einen schwach gefärbten, kugeligen Ballen einer homogenen, blassen Substanz, oder anscheinend gar nichts mehr enthält; ein Kern kann in der Umgrenzungslinie vorhanden sein, oder auch nicht. (Vergl. Fig. 45, Taf. III.)

Die soeben beschriebenen, viererlei Arten von Sarkolyten sind, das sieht man ohne Weiteres ein, im Wesentlichen dieselben Elemente, wie sie bereits von Paneth gesehen und beschrieben, freilich in ganz anderer Richtung gedeutet worden sind.

Sehr charakteristisch erweist sich nun das Verhalten dieser Sarkolyten, wie man es auf einem dorsoventral geführten Längsschnitte durch einen etwas weniger



als die Hinterbeine an Länge aufweisenden Schwanz beobachten kann. Dass die Fragmente nur an der Stelle, wo früher der intacte Muskel gelegen, d. h. also innerhalb des Sarkolemmaschlauches auftreten, ist schon von Barfurth[1]) hervorgehoben; ich kann hinzufügen, dass sie auf unversehrten Präparaten in der oben beschriebenen Form sich ausschliesslich innerhalb des ehemaligen Sarkolemmaschlauches finden, niemals ausserhalb desselben, noch sonst an einem Orte des degenerirenden Schwanzes.

Im basalen Theile desselben, also unmittelbar nach dem Zerfall des Muskels, liegen sie zunächst in ganz bedeutender Anzahl völlig regellos durcheinander; doch lässt sich schon auf diesem Stadium gewöhnlich die Beobachtung machen, dass die in ihrer Umhüllungshaut mit Kernen versehenen Sarkolyten, und namentlich diejenigen mit grösserem Kern, mehr dem Rande genähert liegen. Auf diesem selben Stadium zeigen auch die Sarkolyten, mögen sie nun »umhüllte« sein, oder »nackte«, zum weitaus grössten Theile noch sehr ausgesprochen ihre Querstreifung und die starke Imbibitionsfähigkeit mit Farbstoffen.

Weiter nach hinten im Schwanze zu (also an Muskeln, die in ihrem Zerfalle bereits weiter vorgeschritten sind) wird dieses Verhalten jedoch anders; es fällt zunächst auf, dass, obgleich der Raum, über den sie verbreitet sind, nicht grösser geworden, die Muskelfragmente bei weitem nicht mehr so dicht gedrängt liegen, weshalb man jetzt auch ihre feineren Details an Ort und Stelle klarer erkennen kann, ein Umstand, der früher wegen der ausserordentlich dichten Ansammlung derselben auch auf den dünnsten Schnitten (0,005 mm) nicht möglich war. Vor allem sind es die solitären, nackten Sarkolyten, welche bedeutend an Zahl abgenommen haben; die umhüllten und theilweise mit Kernen von den bizarrsten, kaum noch an Kerne erinnernden Gestaltungen ausgestatteten Bruchstücke liegen zwar noch immer längs der bindegewebigen Scheide des ehemaligen Muskels hin, jedoch ebenfalls beträchtlich gelockert und mehr nach dem Innenraume zu; alle aber zeichnen sich dadurch aus, dass der von der ursprünglichen contractilen Muskelsubstanz herrührende, quergestreifte und doppeltbrechende Inhalt sein früher so ausgesprochenes optisches und chemisches Verhalten mehr oder minder vollständig aufgegeben hat. (Vergl. 45, Taf. Fig. III.) Er hat nicht nur die Querstreifung ganz, sondern auch die Fähigkeit der Doppelbrechung des Lichtes und die starke Färbbarkeit fast völlig verloren. Die Sarkolyten repräsentiren jetzt Formen, wie sie oben an letzter Stelle beschrieben wurden.

Während also mit dem Fortschreiten des Zerfallsprocesses, d. i. auf einem und demselben Längsschnitte von der Basis des Schwanzes nach hinten zu, die sichtbare Zahl der freien und umhüllten Bruchstücke der degenerirten Muskeln eine immer geringere wird, beginnt auch der Raum, in dem dieselben ursprünglich lagen, und der bis jetzt noch völlig der Ausdehnung des normalen Muskels entsprochen, kleiner zu werden, und zwar, wie es scheint, vorzugsweise dadurch, dass die bindegewebigen Scheiden, welche die einzelnen Fasern von einander trennen, unter leichter Quellung der Kerne sich auflockern und weitmaschiger

[1]) Barfurth, l. c. p. 48.

werden. Da dieselben zu gleicher Zeit nach Auflösung und Fortführung der Muskelsubstanz zusammenfallen und näher aneinander rücken, so findet man vorzugsweise in der Spitze des einsinkenden Schwanzes, wo der Querschnitt sich stetig verkleinert, dichte Ansammlung eines in der Längsrichtung des Thierkörpers verlaufenden, kernreichen fibrillären Bindegewebes, in welchem nur hier und da einige noch zurückgebliebene Sarkolyten auf die frühere Existenz der Muskelfasern an dieser Stelle hinweisen. (Fig. 67, Taf. IV.)

Namentlich auf Querschnitten ist es leicht, sich von diesem Verhalten zu überzeugen, während man auf Längsschnitten durch vorgeschrittenere Stadien der Atrophie des Schwanzes, wie wir gesehen haben, im günstigen Falle alle Uebergänge vom Zerfall des Muskels bis zum Verschwinden seiner Fragmente und der Obliteration des von demselben früher eingenommenen Raumes hinter einander auf demselben Präparate beobachten kann.

Nicht selten trifft man auf Querschnitten überdies dem Innenrande der bindegewebigen Muskelscheide nach dem Verschwinden der Zerfallsproducte eine eigenthümliche, homogene oder feinkörnige, oft in Fäden sich ausziehende Substanz aufgelagert an, die sich ziemlich stark färbt und mit zahlreichen kernartigen Gebilden durchsetzt ist. Ich halte diese kernartigen Bildungen für Reste degenerirter und zerfallener Kerne; denn während des Zerfalles der Muskeln in die Sarkolyten zeigen auch die Kerne weitere Auflösungserscheinungen, die jene bizarren und abenteuerlichen Formen hervorrufen, wie sie bereits Paneth gesehen und gezeichnet hat.

Immer aber behalten auch die Kerntrümmer noch ihre specifische chemische Beschaffenheit, namentlich ihr früheres Verhalten den einzelnen Farbstoffen gegenüber, unverändert bei: so treten auch die Muskelkerne der Sarkolyten an blos mit Carmin gefärbten Präparaten kaum deutlich hervor; um so besser und sicherer sind sie bei Anwendung der oben beschriebenen Doppeltinction zu sehen, da sie hier als dunkelblaue, oft fast schwarze Bildungen überall deutlich hervortreten. Man sieht bereits zu der Zeit, wo der Muskel als Einleitung des Zerfalles die ersten Risse und Spalten zeigt, wie die Kerne (vergl. Fig. 35, Taf. II), gleich als ob sie flüssig geworden wären, in Gestalt feiner, oft aus einzelnen, winzigen Tröpfchen zusammengesetzter Fäden, diesen Rissen auf längere oder kürzere Strecken folgen, während sie an anderer Stelle augenscheinlich in dunkle, stark lichtbrechende Tropfen und Kugeln von wechselnder Grösse und Zahl sich aufgelöst haben.

Beim völligen Zerfall der Muskeln bleiben die einzelnen Partien dann an irgend einem der Sarkolyten hängen und repräsentiren, zum Theil wenigstens, die an denselben sichtbaren, kernartigen Gebilde, die oft nicht nur in der Einzahl, sondern zu mehreren an denselben zu beobachten sind. Auch hier bleibt bei der endlichen Lösung die Kernsubstanz länger erhalten, als die des Zellenleibes, hier also der Muskelsubstanz, wie aus der bereits oben verzeichneten Beobachtung zu schliessen ist, dass in manchen der Sarkolyten, und zwar immer nur auf späteren Stadien, innerhalb des den Kern tragenden Contours von dem Sarkolyten nur noch ein ganz blasser und verschwommener Schimmer, oder gar nichts mehr aufzufinden ist.

Dies die Befunde, die sich auf Schnitten durch conservirte Objecte über den Zerfall und die Auflösung der Muskeln im Froschlarvenschwanze constatiren lassen; sehen wir jetzt, auf welche Vorgänge physiologischer und histologischer Natur wir daraus schliessen können!

Zunächst erhellt aus dem Beschriebenen zur Evidenz, dass der Auflösungsprocess der Muskeln vollständig selbstständig beginnt, und auch in seinem Verlaufe in keinerlei Weise durch Hinzutreten anderer Elemente, namentlich von Leukocyten complicirt wird. Im Allgemeinen dürfte sich der Vorgang ungefähr in der folgenden Weise abspielen.

Der Zerfall beginnt wieder mit einer Auflösung der Kittsubstanz, und zwar hier derjenigen, welche die einzelnen Fleischtheilchen der Muskeln mit ihren rechts und links gelegenen Nachbarn verbindet, so dass eine exquisite Auflösung der Muskelfaser in die sogenannten Primitivfibrillen resultirt, wie wir sie künstlich durch verschiedene Reagentien ebenfalls hervorrufen können. Der feinere histologische Bau dieser Fibrillen, vor allem die deutliche Abwechslung zwischen isotroper und anisotroper Substanz, bleibt vor der Hand noch gewahrt. Bald jedoch scheint eine chemische Veränderung verbunden mit leichter Quellung auch diese Fibrillen heimzusuchen, sie quellen etwas auf und verkleben mit einander, aber nur selten durch ihre ganze Länge hindurch, sondern viel häufiger nur auf grössere oder kürzere Strecken in einer völlig regellosen Weise zu einzelnen, deutlich hervortretenden Complexen, namentlich unregelmässigen Querbändern, zwischen denen noch Stücke freier Fibrillen sich vorfinden.

Diese Complexe entbehren vor allem einer deutlichen Längsstreifung, da ja das optisch abweichend sich verhaltende Querbindemittel der Fibrillen verschwunden und diese mit ihrer gleichartigen Substanz mit einander verschmolzen sind. Man kann aus diesem selben Grunde jetzt auch keine sarcous elements mehr unterscheiden; es werden diese Complexe vielmehr jetzt, da isotrope und anisotrope Substanz sich ebenfalls mehr und mehr vermischen und ihre scharfen Trennungsflächen aufgeben, nur noch von ununterbrochenen, aber nach vorn und hinten nicht deutlich begrenzten Querstreifen durchzogen.

In optischer Hinsicht zeigen die verschmolzenen Partien noch deutlich die der Muskelsubstanz eigenthümliche Doppelbrechung, in chemischer Hinsicht eine vermehrte Neigung zur Aufnahme von gewissen Farbstoffen. Dadurch nun, dass die bisher noch freien Fibrillen sich an die bereits gebildeten Complexe heranziehen oder unter einander zu besonderen Ganzen sich vereinigen und von den benachbarten sich isoliren, erhalten wir einen Muskel, dessen Substanz von einer ganzen Anzahl unregelmässig verlaufender Spalten und Risse durchzogen ist, und schliesslich nach Vertiefung dieser Spalten ein ganzes Conglomerat völlig unregelmässig durcheinanderliegender Bruchstücke, die durch Zwischenräume von einander getrennt sind.

Bei diesem Zerfall des Muskels in die Fragmente scheint noch eine weitere Quellung stattzufinden, durch welche die in der Substanz des Muskels eingebettet liegenden Kerne gedrückt und als feine Fäden in die entstehenden Risse und Spalten hinein gedrängt werden; für ein actives, selbstständiges Auswachsen der

Kerne in diese beschriebenen, langgezogenen Fäden wüsste ich keine Begründung anzugeben. Bei der Isolirung der Sarkolyten bleiben die Kerne an den Bruchstücken hängen; etwa frei hervorstehende Enden ziehen sich an die Masse der Ballen zurück und legen sich an der Peripherie an; so kommt es, dass die schmalen Kerne die Sarkolyten oft bis zu $^2/_3$ ihres Umfanges umfassen. Die an der Aussenfläche eines Bündels gelegenen Kerne sind den eben beschriebenen Eventualitäten natürlich in viel geringerem Maasse ausgesetzt und zeigen deshalb auch weit häufiger ihre frühere Form mehr oder minder vollkommen gewahrt.

Ein etwas anderes Verhältniss tritt da ein, wo die normale Muskelfaser noch an einer Seite von einem verschieden breiten Saume unverändert weichen, feinkörnigen Protoplasmas umgeben ist, der in diesem Falle auch die noch grossen, ovalen Kerne enthält, ein Verhalten, wie es namentlich die jüngeren, dicht unter der Oberhaut des Schwanzes gelegenen Muskeln zeigen. Wenn diese in einzelne Stücke zerfallen, so wird natürlich auch der begleitende Protoplasmastreif in seiner Continuität gestört, und es finden sich dann in den Fragmenten neben Muskeltheilen auch verschiedene Quantitäten feinkörnigen Protoplasmas, in welchem je nach Umständen auch ein grosser ovaler Kern vorhanden sein kann.

Da die gebildeten Bruchstücke nun weiter eine weiche zähflüssige Beschaffenheit besitzen, so werden sie sofort nach Erlangung ihrer Selbstständigkeit, einem einfachen, physikalischen Gesetze folgend, sich abrunden und, soweit dies unter den obwaltenden Verhältnissen möglich ist, der Kugelform sich nähern. Es resultiren auf diese Weise je nach den Umständen die verschiedenen, oben beschriebenen und in den Fig. 37—43, Taf. II u. III nach dem frischen Zustande gezeichneten Formen der Sarkolyten, von denen namentlich die umhüllten und mit Kernen versehenen unser Interesse in Anspruch nehmen müssen. Es wird jetzt einmal erklärlich, dass die Kerne stets ausserhalb, niemals in den Sarkolyten selbst gelegen sind, es erklärt sich aber auch weiter, dass die bizarr und unregelmässig geformten Kerne, die von Muskelkernen herrühren, aus diesem Grunde stets dicht und fast ohne Protoplasma ihren Muskelfragmenten aufliegen, dass dagegen die grossen regelmässigen Kerne in Gebilden gefunden werden, die vollkommen den Zellenhabitus zur Schau tragen und den Gedanken einer endogenen Entstehung der Sarkoplasten sehr erklärlich machen.

Die so aus dem Muskel hervorgegangenen Fragmente gehen nun an Ort und Stelle ihrer Auflösung und Verflüssigung entgegen; sie verlieren durch fortschreitende Vermischung der isotropen und anisotropen Substanz ihre Querstreifung immer mehr, sie büssen in demselben Maasse die Fähigkeit der Doppelbrechung und der Imbibition mit Farbstoffen ein, und repräsentiren zuletzt blasse, ungefärbte, runde, unter Umständen von einem kerntragenden oder kernlosen Protoplasmamantel umgebene Ballen, welche schliesslich auch verschwinden, so dass jetzt nur die Umhüllungen übrig bleiben.

Bei der Behandlung mit Fixirungsmitteln schrumpft die Substanz der Sarkolyten ausserordentlich ein, so dass ein conservirter Muskelballen oft bis auf die Hälfte seiner ursprünglichen Ausdehnung zurückgeht. Daher kommt es wohl auch, dass auf allen Schnittpräparaten die Sarkolyten durch einen weiten

Zwischenraum von ihrem kernhaltigen oder kernlosen Mantel getrennt sind, während sie in fast allen Fällen im natürlichen Zustande denselben vollkommen ausfüllen.

Der Process der Auflösung und Verflüssigung geht nicht in allen Fällen gleich schnell vor sich, so dass es gar nicht selten vorkommt, dass von zwei in einer gemeinschaftlichen Hülle gelegenen Sarkolyten der eine viel weiter verändert ist, als der andere, eine Verschiedenheit, die so weit gehen kann, dass das eine Fragment nur noch eine blasse Kugel darstellt, während das andere noch kaum Veränderungen aufweist.

Schliesslich bleiben von dem ursprünglichen Muskel auf dem Schnitte nur die leeren Umhüllungshäute zurück und auch diese scheinen nach und nach einer Verdichtung und Contraction anheimzufallen, infolge deren ihr Durchmesser immer kleiner wird, bis sie und ihre Kerne, resp. Kernfragmente, zuletzt in dem von allen Seiten her andrängenden Bindegewebe verloren gehen, oder doch wenigstens von demselben und seinen Kernen in keiner Weise mehr unterschieden werden können.

Dies dürfte in allgemeinen Zügen der Zerfallsprocess der Muskeln sein, wie er sich aus Schnittpräparaten durch gehärtete und gefärbte Objecte erschliessen lässt. Es stehen also diese Resultate in directem Gegensatze zu den Beobachtungen Metschnikoff's [1]), der nicht nur auf Zupfpräparaten, sondern auch am lebenden Thiere constatiren konnte, dass im Inneren des Schwanzes »im Beginne der Metamorphose neben einigen Schwanzmuskeln amöboide Zellen sich anhäufen, welche allmählich ganze Stücke von Primitivbündeln umwickeln, um sie dann vollständig aufzufressen«. Wie schon erwähnt, sind nun gerade die Beobachtungen am lebenden Thiere an Larven von Bombinator angestellt worden, die mir zu meinen Untersuchungen nicht zur Verfügung standen; bei allen den übrigen Batrachierlarven aber, soweit sie von mir benutzt worden sind, konnte niemals eine active Betheiligung der Leukocyten an dem Gewebezerfall beobachtet werden: immer erfolgte die Auflösung, nicht nur, wie hier, der Muskeln, sondern aller anderen Gewebe, ganz selbstständig ohne nachweisbaren äusseren Eingriff, ausschliesslich in Folge innerer Veränderungen und Umsetzungen.

In weitaus den meisten Fällen geht auch die Auflösung der von den Geweben herrührenden Trümmer lediglich durch die Einwirkung der Leibesflüssigkeit, ohne Mitwirkung von Phagocyten von statten; eine alleinige Ausnahme hiervon machen die im Verlaufe des Gewebezerfalles allenthalben gebildeten Pigmentkörnchen, welche durch Leukocyten aufgenommen und gesammelt werden.

Die andere Beobachtung Metschnikoff's, dass man auf Zupfpräparaten gelegentlich amöboiden Zellen begegnet, die in ihr Inneres Bruchstücke von Nervenfasern und Muskelprimitivbündeln aufgenommen haben, kann ich in Bezug auf die letzteren bestätigen; doch werde ich auf diese Thatsache an einer anderen Stelle zurückkommen, hier mag lediglich die Beobachtung bestätigt sein.

Auch Barfurth erwähnt von einer activen Betheiligung der Leukocyten an

1) Metschnikoff, Biol. Centralbl. 1883. No. 18. p. 560.



dem Zerfall der Muskeln nichts und konnte an seinem conservirten Materiale nicht einmal die »Zellen oder zellenartigen Körper« Paneth's um die Sarkolyten herum auffinden, die im conservirten Zustande allerdings nicht leicht, ohne jede Schwierigkeit aber an frischem Materiale erkennbar sind. Darüber, ob diese »Zellen oder zellenartigen Körper« als Phagocyten aufzufassen sein dürften, entscheidet er sich nicht, hält es jedoch nicht für wahrscheinlich; in der That ist meiner Ansicht nach diese Frage auf Grund von Beobachtungen an nur conservirtem Materiale auch absolut nicht zu entscheiden; hier kann nur die Beobachtung der frischen, lebenden und noch beweglichen Elemente als bestimmend in die Wagschale fallen. Im fixirten und gehärteten Zustand ähneln sich die umhüllten Sarkolyten und die in typischen Phagocyten eingeschlossenen Elemente so sehr, dass eine Auseinanderhaltung beider unmöglich ist; nur der Unterschied der mit lebhaft beweglichen Fortsätzen ausgestatteten Leukocyten und den starren, kaum merkliche Bewegungen zeigenden Sarkolyten kann hier entscheiden.

Im Anschluss an eine Abhandlung über einige eigenthümliche Lebenserscheinungen an den Muskeln von Corethralarven bringt Wagener[1]) in den Tafeln auch eine Anzahl von Abbildungen, die, nach Beobachtungen Lieberkühn's an jungen Fröschen gezeichnet, einige der bereits geschilderten, während des Zerfalles der Muskeln an denselben auftretenden Veränderungen im frischen Zustande darstellen; von einer Betheiligung fremder Elemente an der Auflösung der Fasern, sowie von einem Eindringen derselben durch die Sarkolemmaschläuche ist auch hier nichts erwähnt; dagegen erkennt man in den »wachsig entarteten« Ueberresten des früheren Muskels, die mit der Zeit ihre Eigenschaft der Polarisation des Lichtes verlieren, sowie in den »glänzend wurstförmigen Stücken« unschwer unsere zerfallenden Muskeln und die aus denselben entstehenden Sarkolyten wieder, ebenso wie in den bei Typhuskranken von Waldeyer[2]) beobachteten »Muskelzellenschläuchen«. Ob die von Wagener an den Muskeln der Corethralarven beobachteten und Fig. 13 abgebildeten »glasartigen Kügelchen« mit den gleich zu beschreibenden, von den Muskeln auch des Frosches ausgeschiedenen hyalinen Tropfen analoge Bildungen sind, kann ich zwar nicht positiv feststellen, doch ist es mir sehr wahrscheinlich, da sowohl Beschreibung wie Abbildung genau mit den von mir beobachteten übereinstimmen.

Zur Controle der durch die Untersuchung von Schnittpräparaten erlangten Resultate, und um womöglich das eine oder andere Phänomen auch direct beobachten zu können, habe ich nun zahlreiche Zupfpräparate in Degeneration begriffener Muskeln aus den verschiedensten Perioden angefertigt, und an diesen das oben Angegebene zum Theil so schön bestätigen können, dass ich nicht umhin kann, einige dieser Beobachtungen auch hier ausführlicher darzustellen.

Die der Auflösung entgegengehenden, aber noch nicht in Sarkolyten zerfallenen Muskeln zeigen nun vor allen Dingen in ganz augenfälliger Weise die

[1]) Wagener, Ueber einige Erscheinungen etc. Fig. 15—31.

[2]) Waldeyer, Ueber die Veränderungen der quergestreiften Muskeln bei der Entzündung und dem Typhusprocess, sowie über die Regeneration derselben nach Substanzdefecten. Virch. Arch. XXXIV. 1865. p. 473.

bereits bei der Epidermis erwähnte Ausscheidung der hyalinen Protoplasmatropfen, und zwar auch hier nicht gleich zu Anfang, sondern erst 10—15 Minuten nach Anfertigung des Präparates. Der Beschreibung ihres Aeusseren habe ich nichts hinzuzufügen; ihre Abscheidung erfolgt hier oft, namentlich bei längerer Beobachtung, in so grosser Zahl, dass ein beträchtlicher Theil der Peripherie des Muskels von ihnen umlagert wird; bemerkenswerth ist, dass sie bei dieser dicht gedrängten Ansammlung nicht zusammenfliessen, sondern sich gegenseitig abplatten, ein Umstand, der einmal darauf hindeutet, dass sie nicht etwa aus einer dickflüssigen, etwa fett- oder ölähnlichen, bei gegenseitiger Berührung zusammenfliessenden Substanz bestehen, und der andererseits die Annahme nahe legt, dass die Rindenschicht dieser Tropfen aus irgend einem Grunde etwas erhärtet und ein analoges Gebilde darstellt, wie es auch die Zellenmembran unseren heutigen Anschauungen nach repräsentirt. Dafür spricht auch der bereits bei Besprechung der Haut erwähnte Umstand, dass bei Zusatz von Essigsäure etc. die Wand der Tropfen als eine feine Membran bestehen bleibt, während der Inhalt in eine feine, körnige Masse sich umwandelt. Möglicherweise lässt sich auch ein Theil der einfach linienförmigen Umhüllungen der freien Sarkolyten im conservirten Zustande auf diese Verhältnisse zurückführen. Gegen Farbstoffe und Reagentien verhalten sich diese Tropfen genau wie die der Epidermiszellen, von denen sie in keiner Weise unterschieden sind; Muskeln ausgebildeter Frösche brachten dieselben niemals zur Entwickelung.

Die Beobachtung der Muskeln im frischen Zustande bietet weiter auch Gelegenheit, nochmals hervorzuheben, dass an der Aussenseite derselben, soviel ich deren auch untersuchte, wohl stets und zahlreich die etwas gequollenen Muskel- und Sarkolemmakerne, dagegen niemals Leukocyten zu erkennen waren, wie solche zahlreich genug in der Flüssigkeit des Präparates angetroffen wurden. Ich denke mir, dass, wenn die Leukocyten wirklich die Zerstörer der Muskeln sein sollten, man sie hier einerseits wenigstens einigemale an den Muskeln hinkriechend auffinden, und andererseits gerade auf diese Weise, in ihrer Bewegung, zweifellos als das erkennen müsste, was sie sind. Ich habe, wie gesagt, von alledem nichts bemerkt.

Ungleich mehr Interesse bieten nun die Fragmente in ihrem scheinbar so differenten Auftreten dar. Zerzupft man eine aus dem Schwanze des lebenden Thieres entnommene Muskelpartie in 0,75 % Chlornatriumlösung, so fallen einem an einem günstigen Präparate alle die aufgezählten, verschiedenen Formen der Sarkolyten auf. Bei weitem in der Ueberzahl vorhanden sind in allen Fällen die freien, d. h. nicht von einer Hülle umgebenen Muskelfragmente; sie zeigen die verschiedenste Grösse und Form, so dass es unausführbar ist, allgemeinere Maasse anzugeben; darauf, dass sie durchschnittlich nicht unbedeutend grösser sind, als die mit Conservirungsmitteln behandelten, ist bereits aufmerksam gemacht worden; einige der häufiger vorkommenden Formen habe ich in Figg. 37—42, Taf. II u. III abgebildet.

An diesen Sarkolyten nun habe ich ausser geringen, aber unverkennbaren eigenen Bewegungen zu wiederholten Malen ein sehr eigenthümliches Phänomen

der Auflösung, resp. des Zerfalles beobachtet. Wenn man das Zupfpräparat unmittelbar nach der Herstellung unter das Mikroskop bringt, dann bemerkt man unter den freien Sarkolyten — die anderen, in dem Präparate enthaltenen Elemente interessiren uns hier nicht — gewöhnlich einige, die mehr oder minder regelmässig kreisrund oder oval sind (Fig. 41, Taf. II) und nur noch eine undeutliche Querstreifung zeigen, während die Mehrzahl der übrigen Sarkolyten die bekannte völlig unregelmässige Gestaltung mit noch deutlichen Querstreifen aufweist (Fig. 37, Taf. II).

Beobachtet man nun von den letzteren, unregelmässig gestalteten, irgend einen aufmerksam längere Zeit, am besten mit dem Mikrometerocular, so kann man bei gehöriger Geduld schwache Formveränderungen nachweisen: sie strecken sich etwas, krümmen sich wieder, ziehen sich ein wenig zusammen, etc., freilich ohne dabei ihre Form um ein bedeutendes zu ändern. Wird man aber nicht müde und hat man ein günstiges Object getroffen, so sieht man, wie auf einmal in verhältnissmässig sehr kurzer Zeit, meist innerhalb weniger Minuten, der ursprünglich in der Regel etwas langgestreckte Sarkolyt eine Knickung zeigt, die aber nicht wieder verschwindet, sondern rasch sich verschärft und schliesslich so weit geht, dass die beiden Schenkel des so gebildeten Winkels sich aneinanderlegen. Gleichzeitig wird die Querstreifung schattenhafter und ein einfacher, scharfer, aber sehr regelmässiger Contour umschliesst jetzt das Ganze. Bei weniger in die Länge gestreckten Sarkolyten tritt die Knickung in der Mitte nicht ein, die schliessliche Abrundung erfolgt mehr in Form einer Contraction; immer aber entsteht auf diese Weise ein Gebilde, das sich in nichts von den zuerst genannten, gleich bei Anfertigung des Präparates immer, wenn auch in geringer Zahl, auftretenden, abgerundeten Sarkolyten unterscheidet, und das auch, wie sich bald herrausstellen wird, vollständig dieselben Schicksale erleidet, wie dieses. Auch diese Thatsache war ich durch wiederholte Beobachtungen festzustellen in der Lage.

Ich sah, wie sich von der ursprünglich einheitlichen Contour des Sarkolyten ein feiner, scharfer und einen sehr regelmässigen Bogen darstellender Saum abzuheben begann (Fig. 41, Taf. II), der, einer vollkommen hyalinen, augenscheinlich etwas zähflüssigen Masse angehörend, um die Sarkolyten herum immer grösser wurde und sich weiter von der Oberfläche derselben abhob. Hier blieb derselbe manchmal längere Zeit bestehen, mitunter aber sah ich ihn ganz rapid schwellen und mit einem Male vollkommen schwinden, während das bis jetzt noch völlig deutlich im Inneren vorhandene Muskelbruchstück in eine ganze Anzahl äusserst blasser hyaliner Körnchen und Tröpfchen zerfiel, die sich binnen kurzem ebenfalls der Wahrnehmung entzogen, nicht selten aber auch noch längere Zeit erhalten blieben.

Der ganze Vorgang machte unverkennbar den Eindruck eines Platzens, ganz ähnlich, wie ungefähr eine Seifenblase zerplatzt und als Residuum einige Tropfen Flüssigkeit zurücklässt. Die Figur 42, Taf. III a-k zeigt die verschiedenen Phasen des gesammten Auflösungsprocesses eines und desselben Sarkolyten, der von Anfang bis zu Ende unter dem Mikroskope beobachtet wurde und im ganzen die Dauer von 16 Minuten in Anspruch nahm.

Freilich trifft man nur in ganz günstigen Fällen es gerade in der eben beschriebenen Weise; denn oft kann man einen solchen Sarkolyten auch sehr lange, natürlich nur im hängenden Tropfen oder in Präparaten, die zur Verhütung der Verdunstung mit einem Oelring umgeben sind, im Auge behalten, ohne etwas anderes, als die oben beschriebenen, eigenen Bewegungen und vielleicht auch diese kaum zu sehen zu bekommen, während man in anderen Fällen nur ganz kurze Zeit zu warten braucht.

Es bildet diese Wahrnehmung ein ganz offenbares Gegenstück zu der von Metschnikoff an den jungen Echinodermenlarven gemachten und bereits oben pag. 8 mitgetheilten Beobachtung, dass man dort die von Leukocyten aufgenommenen, aus zerfallenen Zellen der Wimperschnur herrührenden Eiweisskügelchen oft nur ganz kurze Zeit, oft sehr lange beobachten muss, um ihre Verdauung und Auflösung zu sehen. Wahrscheinlich dürften dann auch die bewirkenden Ursachen in beiden Fällen analoge sein.

Am häufigsten gelingt es, den Process an eben hergestellten Zupfpräparaten zur Beobachtung zu bekommen; je länger dieselben der Untersuchung gedient haben, desto langsamer schreitet der Process vorwärts und desto seltener kommt er noch zur Perfection. Dies kann aber nicht etwa in einem Absterben der betreffenden Elemente seinen Grund haben, denn es sind einmal die in diesen Präparaten vorhandenen rothen Blutkörperchen noch so, wie sie zu Anfang gewesen, auch die Leukocyten, die überall in grosser Anzahl sich finden, zeigen in Bezug auf Art und Beschaffenheit ihres Pseudopodienspieles keine Aenderung gegen früher, weshalb ich auch keinen Anstand nehme, die soeben von mir beschriebenen Veränderungen der Sarkolyten als normale und physiologische zu bezeichnen.

Der Grund für das auffällige Langsamervorschreiten des Auflösungsprocesses dürfte vielmehr in ganz analogen Umständen gesucht werden müssen, wie wir sie bereits bei Besprechung der Degeneration der Oberhaut kennen gelernt haben. Das durch Platzen der abgerundeten Sarkolyten so plötzlich verschwundene Protoplasmamaterial ist nicht verloren gegangen oder zerstört, sondern es ist in der umgebenden Zusatzflüssigkeit in Lösung übergegangen, wie denn auch die im Umkreise der Sarkolyten vor dem Platzen sich abscheidende blasse hyaline Substanz dieselbe ist, deren Austreten auch die hyalinen Tropfen ihren Ursprung verdanken. Eine derartige Lösung von Eiweisskörpern in der zugesetzten Kochsalzflüssigkeit kann naturgemäss nicht in infinitum stattfinden, sondern nur bis zur Sättigung der Lösung mit dem Eiweisskörper; sobald diese eingetreten, findet eine weitere Auflösung nicht mehr statt, ebensowenig wie irgend ein Salzkrystall in einer Flüssigkeit sich weiter als bis zur Sättigung löst.

Es erklärt sich hieraus, dass, wie bereits hervorgehoben, die Auflösung der Sarkolyten direct nach Anfertigung des Präparates am leichtesten zu beobachten ist, zu einer Zeit also, wo von dem mehrfach beschriebenen Auftreten der hyalinen Tropfen ebenfalls noch nichts zu bemerken ist. Denn meiner Ansicht nach sind, wie gesagt, jene Tropfen und die hellen Säume der Sarkolyten eine und dieselbe Bildung: Derivate des Zellprotoplasmas, die jetzt infolge der Reduction von dem-

selben abgegeben werden und, nachdem sie in der Leibesflüssigkeit in Lösung übergegangen, als Nährstoffe für die wachsenden Organe fungiren.

Nach Abscheidung und Auflösung des Tropfens bleiben von dem Sarkolyten einige blasse, rundliche oder ganz unregelmässig geformte Bröckel zurück, die nach einiger Zeit sich ebenfalls der Wahrnehmung entziehen. Eine ähnliche Beobachtung kann man auch an den noch nicht in Sarkolyten zerfallenen Fasern nach reichlicher Abscheidung der Tropfen machen; dieselben repräsentiren Gebilde, die zwar im allgemeinen noch die Form des ursprünglichen Muskels aufweisen, aber von Querstreifung, überhaupt von einer Structur, keine Spur mehr aufweisen, sondern nur aus einem Conglomerat blasser und vollkommen farbloser Brocken und Körner bestehen, die in dichten Haufen liegen und zu unregelmässigen Complexen verschmolzen sind.

Diese vor dem Zerfall in Fragmente bereits theilweise aufgelösten Muskeln habe ich nun auch auf Schnitten durch conservirte Objecte gefunden und einen davon in Fig. 46, Taf. III abgebildet; man erkennt an demselben sofort die totale Verschiedenheit gegenüber den in Sarkolyten zerfallenen Fasern. Es lässt sich aus diesem Umstande aber der Schluss ziehen, dass eine solche Auflösung gelegentlich auch während des Lebens vorkommen kann, wenn es auch jedenfalls nicht häufig und dann nur in den letzten Stadien der Verwandlung geschieht. Ich habe sie im ganzen nur 2mal getroffen; bei den betreffenden Individuen war dann aber auch ein grosser Theil der Muskeln des Schwanzes in dieser Weise verändert, während andere noch normal waren, andere den Zerfall in Sarkolyten zeigten.

Worin der Grund dieser eigenthümlichen Abweichung gelegen sein mag, darüber weiss ich kaum etwas anzugeben; sicher scheint mir nur das zu sein, dass er in individuellen Verhältnissen gegeben ist.

Während so die freien, nackten Muskelfragmente nach längerer oder kürzerer Zeit durch einfache Auflösung in der Leibesflüssigkeit sich der Beobachtung entziehen, scheinen die umhüllten länger erhalten zu bleiben; man begegnet ihnen in den frischen Präparaten ebenfalls ziemlich häufig, doch erreicht ihre Zahl auch im günstigsten Falle bei weitem nicht die Zahl der freien. Ihr Aussehen schliesst sich im allgemeinen dem dieser letzteren an; nur ist ihre Form meist etwas compacter, sie zeigen auch nur selten die auffallenden und unregelmässig contrahirten Formen, wie sie sich von ihren freien Genossen oft genug beobachten lassen. (Fig. 39, Taf. II.)

Charakteristisch ist ihre Umhüllung, die aus einem mittelmässig körnigen, gleichartigen Protoplasma besteht, das nach aussen keine scharfe Grenze erkennen lässt, und entweder um die ganze Peripherie des Fragmentes in gleicher Dicke herumreicht, oder nur auf die eine oder andere Seite beschränkt ist. Protoplasmatische oder gar bewegliche Fortsätze habe ich an dieser Umhüllungsmasse niemals gesehen, trotzdem ich dieselben stundenlang im Auge behielt und das Verhalten des Saumes controlirte.

Diesen eben genannten Bruchstücken schliessen sich in ihrem allgemeinen Habitus ganz die Sarkolyten an, die in dem protoplasmatischen Mantel einen Kern aufweisen; derselbe ist meist oval oder völlig kreisrund, er zeigt eine sehr scharfe

und dunkle Contour, im Inneren des völlig hyalinen Inhaltes jedoch nur einige grobe Körner und niemals ein eigentliches, deutliches Kerngerüst. Auch diese Sarkolyten, die wie die vorigen oft zu mehreren in einer Umhüllung aufgefunden werden, zeigen zu keiner Zeit Andeutungen von amöboid beweglichen Fortsätzen, wie denn auch das den äusseren Mantel bildende Protoplasma durch seine körnige Beschaffenheit sich von dem der beweglichen Blutzellen auf den ersten Blick unterscheidet. (Fig. 40, Taf. II.)

Ich kann infolge der angegebenen Beobachtungen auf das bestimmteste in Abrede stellen, dass etwa in diesen umhüllten Sarkolyten eine Verwechselung mit Leukocyten oder Phagocyten, welche die Fragmente in ihr Inneres aufgenommen hätten, vorgelegen hat. Es sind dieselben meiner Ansicht nach vielmehr die Zerfallsproducte jüngerer Muskeln, wie sie namentlich an der Peripherie des Schwanzes sich finden, die an ihrer Aussenseite vielfach noch begleitet werden von einem die Kerne enthaltenden Streifen undifferenzirten Protoplasmas. Diese Muskeln sind, ehe sie ihre volle Ausbildung erreichen konnten, von dem Zerfallsprocesse ergriffen worden; haben wir doch bereits früher gesehen, dass mit dem Auftreten der Reduction das Weiterwachsthum nicht eingestellt wird, sondern dass beide Processe eine Zeit lang neben einander weitergehen, bis schliesslich die Degeneration überwiegt und zum Verluste des Schwanzes führt [1]).

Was das weitere Schicksal dieser umhüllten Muskelfragmente anlangt, so zweifle ich nicht, dass sie ebenfalls, wie ihre nackten Genossen, der Auflösung in der Leibesflüssigkeit unterliegen; nur scheint ihre Umhüllung einen gewissen Schutz für sie darzustellen, vermöge dessen sie sich bedeutend länger in ihrer gegenwärtigen Form zu erhalten im Stande sind. Während es bei den freien Stücken, wenn auch nicht immer, so doch bei einiger Geduld auch nicht schwer gelingt, Veränderungen, unter Umständen sogar die Auflösung selbst zu beobachten, ist mir dies bei den in Rede stehenden nicht gelungen; jedoch spricht der Umstand, dass man an den eingeschlossenen Muskelstücken alle die Veränderungen, die bei den freien nach einander beobachtet werden können, wiederzufinden im Stande ist, deutlich genug dafür, dass ihre späteren Schicksale in beiden Fällen zu demselben Ende führen werden.

Es bleibt schliesslich in der protoplasmatischen Hülle nur eine hyaline blasse Kugel von verschiedenem Durchmesser zurück: die Masse des ursprünglichen Sarkolyten, die hier infolge ihres Einschlusses in den umgebenden Mantel an der Lösung in der Flüssigkeit des Körpers verhindert wird. Dass gelegentlich auch mehrere der Bruchstücke in ein und demselben Ballen enthalten sind, ist bereits erwähnt und dürfte wohl kaum als besondere Merkwürdigkeit gelten können; beachtenswerther möchte der Umstand sein, dass von mehreren solcher eingeschlossener, und zwar in derselben Umhüllung eingeschlossener Sarkolyten der eine früher sich auflöst, als der andere; eine Thatsache, aus der man auf eine successiv erfolgende Aufnahme der Muskelstücke in die vermeintlichen

[1]) Vergl. hierzu: Looss, Ueber die Betheiligung der Leukocyten an dem Zerfalle der Gewebe im Froschlarvenschwanze während der Reduction desselben; ein Beitrag zur Phagocytenlehre. Leipziger Habilitationsschrift. 1889.



Leukocyten schliessen zu müssen glaubte. Für eine thatsächliche Aufnahme von Nahrungskörpern in Leukocyten stimmt dies, in unserem Falle kann aber der Befund nur dafür sprechen, dass die Auflösung der Einschlüsse, jedenfalls infolge innerer Zustände, verschieden schnell erfolgt, genau wie auch von den freien Sarkolyten der eine früher untergeht, der andere später.

Mitunter kann man übrigens gerade hier sehr schön sehen (vergl. Fig. 43, Taf. III), wie um die eingeschlossenen Muskelstücke infolge einer beginnenden Zersetzung derselben ein Hohlraum sich bildet, der an Weite zunimmt und schliesslich das Muskelfragment wie in einer Vacuole gelegen erscheinen lässt. Neben dem einen Sarkolyten können andere gelegen sein, die entweder noch normal, mit Querstreifung versehen, oder bereits völlig in einen hyalinen Tropfen verwandelt sind.

Für die verzögerte Auflösung der umhüllten und theilweise Kerne tragenden Muskelfragmente spricht endlich auch der bereits früher hervorgehobene Befund an Schnitten durch conservirte Objecte; dass nämlich auf späteren Stadien an Stelle der ehemaligen Muskeln nur noch umhüllte, keine freien Reste mehr gefunden werden, dass schliesslich auch die letzteren allmählich verschwinden, und nur die Kerne mit den umhüllenden Häuten zuletzt noch nachweisbar sind, bis auch sie sich am Ende der Beobachtung entziehen.

Ich habe nun schon oben kurz erwähnt, dass gelegentlich gewisse der Muskelbruchstücke, entweder einzeln, oder zu mehreren, oft auch noch mit anderen Gebilden vergesellschaftet, in Umhüllungen gefunden werden, die durch ihr blasses, homogenes Protoplasma, vor allem aber durch den Besitz thatsächlich amöboid beweglicher Fortsätze ausgezeichnet sind: Muskelbruchstücke in Leukocyten eingeschlossen. Sie finden sich nicht zu allen Zeiten, oft aber in gar nicht unbeträchtlicher Zahl, niemals aber auch nur annähernd in solcher Menge, wie die freien Sarkolyten; es scheint, dass ihr Auftreten den Höhepunkt des Degenerationsprocesses anzeigt, und sowohl vor wie nach demselben zu einem nur sporadischen und vereinzelten herabsinkt[1]). Die aufgenommenen Muskelstücke können freie, sie können aber auch umhüllte und mit Kern versehene sein; doch ist letzterer Befund nur äusserst selten — ich habe ihn im ganzen nur 2 mal gesehen —, entsprechend dem viel selteneren Auftreten der umhüllten Muskelfragmente. Man trifft dann in dem Leukocyten ausser dem Muskelstück einen grossen (Fig. 47, Taf. III), runden, mit einigen groben Körnern im Inneren ausgestatteten Kern, der sich auf den ersten Blick als nicht zu dem Leukocyten gehörig erweist. Sehr häufig findet man neben den Sarkolyten auch Pigmentkörnchen und Reste rother Blutkörper in diesen Amöboidzellen; ich komme später auf dieselben noch zurück.

Hier möchte ich aber eines eigenthümlichen Umstandes noch Erwähnung thun, der vielleicht einiges Licht auf die Bedeutung des Aufnahmeactes seitens der Leukocyten werfen könnte. Die eingeschlossenen Muskelstücke, und zwar nur die freien, zeigen in der Mehrzahl der Fälle einen entschieden gelben Schimmer, während die gewöhnlichen Sarkolyten zwar auch nicht selten so, meist aber

---

1) Looss, l. c. p. 20.



mehr blass und farblos erscheinen; ausserdem sind die gelblichen Fragmente auch etwas stärker lichtbrechend und haben viel schärfere Contouren. Ob es demnach vorzugsweise die von älteren Muskeln, denn nur diese zeigen allenthalben den gelblichen Farbenton, herstammende Sarkolyten sind, welche von den Leukocyten mit Vorliebe aufgenommen werden, das lässt sich auf Grund der vorliegenden Beobachtung zwar nicht entscheiden, indess ist es jedenfalls nicht unwahrscheinlich. Ueber das fernere Schicksal der Leukocyten und ihrer Einschlüsse stehen mir vor der Hand keine weiteren Beobachtungen zu Gebote.

Im grossen und ganzen glaube ich nun auch hier den Satz aufstellen zu können, dass der Zerfall der Muskeln selbstständig zu Stande kommt; auch die infolge desselben entstehenden Trümmer lösen sich in der bei weitem grössten Mehrzahl der Fälle selbstständig früher oder später in der Leibesflüssigkeit auf. Nur ein im Verhältniss verschwindend kleiner Bruchtheil der Fragmente, und wahrscheinlich nur von älteren Muskeln herrührender Fragmente, wird im Verein mit Resten und Bruchstücken anderer Elemente in Leukocyten aufgenommen und von denselben fortgeführt.

Ich will bei dieser Gelegenheit auch noch betonen, dass, meinen Erfahrungen nach, die ganze Substanz des Muskels in die Sarkolyten zerfällt, und mit diesen der Auflösung in der Körperflüssigkeit entgegen geht; vor allem habe ich von der von Barfurth[1]) erwähnten fettigen Degeneration der Muskeln trotz auf diesen Punkt gerichteter Aufmerksamkeit nichts entdecken können; ein, wenn auch nur sehr vereinzeltes, Auftreten von Pigmentkörnchen war dagegen auch bei den Muskeln zu constatiren.

4. Reduction der Chorda.

Ueber den Bau der normalen Chorda sind zuerst von W. Müller[2]) eingehendere Angaben gemacht worden; ausserdem finden sich über Structur und Entwickelung derselben verstreute Angaben in den Arbeiten namentlich Leydig's und Anderer vor.

Nach meinen Beobachtungen stellt die Chorda in den ausgewachsenen Schwänzen der von mir untersuchten Arten einen gerade verlaufenden, von vorn nach hinten an Dicke allmählich abnehmenden Stab dar, der in der Hauptsache aus den eigenthümlich veränderten Chordazellen gebildet wird, und in seinem Endabschnitte öfters etwas schräg nach oben umgebogen ist, wie dies bereits von Leydig[3]) an den Larven der Salamandra maculosa beobachtet wurde. Umgeben ist dieser Stab von der ausserordentlich festen, oft eine concentrische Streifung und fibrilläre Zusammensetzung zeigenden Chordascheide, welche bei den einzelnen Arten eine wechselnde mittlere Dicke besitzt, im allgemeinen von vorn

[1]) Barfurth, l. c. p. 48.

[2]) W. Müller, Ueber den Bau der Chorda dorsalis. Beob. aus dem pathol. Institut zu Jena, Erste Reihe, I. Jenaische Zeitschr. f. Med. u. Naturw. VI. 1871.

[3]) Leydig, Schwanzflosse, Tastkörperchen und Endigung der Nerven etc. l. c.



nach hinten aber an Durchmesser stetig abnimmt. Im Inneren liegen dieser Scheide je nach Umständen mehr oder minder zahlreiche, vor Beginn der Reduction theilweise ausserordentlich platt gedrückte Kerne an, um die herum man gewöhnlich noch eine geringe Schicht feinkörnigen Protoplasmas, jedoch ohne bestimmte Zellgrenzen wahrnehmen kann. Es ist dies jedenfalls die als Chordaepithel bezeichnete Schicht, auf deren Epithelnatur neuerdings von Fraisse[1]) wiederum hingewiesen worden ist, und die beim normalen Wachsthum neuen Elementen den Ursprung geben soll. Von der Fläche betrachtet liegen diese Kerne augenscheinlich völlig unregelmässig vertheilt dicht unter der Chordascheide; sie besitzen auf frischen Präparaten eine nicht immer gleiche Grösse (0,0072—0,0088 mm), helles, hyalines, von einigen dunkleren Körnchen durchsetztes Protoplasma und einen sehr scharfen, dunklen Contour.

Nicht selten kann man nun, sowohl auf frischen, wie an Flächenschnitten durch conservirte Präparate, von oben her zwischen diesen Kernen ein sehr zartes und blasses Netzwerk aus körnigem Plasma bestehend bemerken, das aber keine scharfen Begrenzungen aufzuweisen vermag. Augenscheinlich kommt der Eindruck dieses Netzwerkes dadurch zu Stande, dass hier die runden, blasigen Chordazellen bis dicht an die Scheide herantreten und dass dadurch das zwischenliegende Plasma des Chordaepitheles mit den Kernen in die zwischen je zwei zusammenstossenden Zellen entstehenden Winkel gedrängt wird und sich hier dichter ansammelt. (vergl. Fig. 51, Taf. III.)

Nach hinten zu werden die Kerne dieses oft sehr plattgedrückten Chordaepitheles voller und augenscheinlich lebenskräftiger, auch das um sie gesammelte Protoplasma ist reichlicher vorhanden, so dass die äusserste Spitze der Chorda einen ganz anderen Habitus, einen noch völlig embryonalen Charakter während der ganzen Wachsthumsperiode der Larve behält.

Um die der Chorda selbst angehörige Scheide wird nun von dem Bindegewebe des mittleren Schwanztheiles noch eine zweite Hülle gebildet, indem das sonst ziemlich weitmaschige Gewebe sich lamellär dicht an die Chorda anlegt und zu einer mehr oder weniger dicken, concentrisch gestreiften und von langgestreckten, mit ihrer Längsaxe ebenfalls in der Richtung dieser Streifen gestellten Kernen durchsetzten Lage wird. Dieselbe ist gleichfalls in dem vorderen, basalen Theile des Schwanzes am dicksten und nimmt nach hinten zu an Dicke bedeutend ab, so dass man an dem Endtheile der Chorda von einer solchen bindegewebigen Scheide im strengen Sinne nicht mehr reden kann.

Was die Rückbildung der Chorda betrifft, so mag hier zunächst nochmals darauf (vergl. oben pag. 15) hingewiesen werden, dass sie der Wirkung der die Reduction zu Stande bringenden Kräfte am längsten und erfolgreichsten Widerstand entgegensetzt; sie behält augenscheinlich ihren normalen Turgor, wenn man sich so ausdrücken darf, bis ziemlich weit in die Reductionsperiode hinein bei, und ist deshalb gezwungen, während der zunehmenden Verkürzung des Schwanzes in immer zunehmende Biegungen und Krümmungen sich zu legen.

---

[1]) Fraisse, Die Regeneration etc. p. 93.

Später dagegen scheint, wie wir bald sehen werden, die Geschwindigkeit ihrer Auflösung mit einem Male bedeutend zuzunehmen und der des übrigen Schwanzes nicht unbeträchtlich vorauszueilen. Nur die innere, feste Chordascheide zerfällt nicht so bald; sie bleibt ausserordentlich lange erhalten und findet sich in dem letzten Schwanzstümpfchen als ein langes, vielfach in unregelmässiger Weise gefaltetes und zusammengefallenes Organ noch scheinbar unverändert vor. So konnte ich bei einer jungen Rana temporaria, deren Schwanzrest noch ungefähr 3,0 mm maass, aus dem letzten, 2,0 mm lang abgeschnittenen Stück die stark gefaltete Chordascheide in der Länge von 29,5 mm herausziehen: also beinahe in der 15fachen Länge des abgeschnittenen Schwanzstückes und in der vermuthlich ganzen Länge des ehedem vorhanden gewesenen Larvenschwanzes. Dieses Verhältniss kehrt je nach der mehr oder weniger weit vorgeschrittenen Reduction in entsprechendem Maasse wieder.

Der Zerfall der Chorda selbst geht nun je nach der Beschaffenheit der constituirenden Elemente nicht überall in der gleichen Weise vor sich. Im hintersten, allerletzten Theile derselben, wo die Zellen noch ihre protoplasmareiche, embryonale Beschaffenheit aufweisen, habe ich fast immer Bilder gesehen, die auf einen Zerfall unter Bildung der bereits bei der Degeneration der Epidermis geschilderten Producte schliessen lassen, so dass auch hier wahrscheinlich der Process dem von der Epidermis geschilderten sich in der Hauptsache anschliessen wird. Das Material der protoplasmareichen Zellen sondert sich in seine chemisch verschiedenen Bestandtheile, von denen das Spongioplasma in Gestalt kleiner gefärbter Kügelchen sichtbar bleibt, während das Hyaloplasma sich der Beobachtung entzieht; Bildung von Pigmentkörnchen begleitet auch hier den Vorgang. (Fig. 18, Taf. II.)

Anders dagegen da, wo die Chordazellen die bekannte eigenthümliche Metamorphose ihres Inhaltes erlitten haben: hier bemerkt man zunächst, dass wiederum die Kittsubstanz, welche die Verbindung zwischen den einzelnen Elementen herstellt, verloren geht. Deshalb sind auch die einzelnen Chordazellen jetzt ohne grosse Schwierigkeit zu isoliren, eine Eigenschaft, die sie im normalen Zustande nicht besitzen.

Gleichzeitig mit diesem Auflockerungsprocesse macht sich an den Wandungen derselben eine eigenthümliche Aenderung geltend: während diese Wände früher vollkommen gleichartig und nahezu von überall gleichem Durchmesser waren, treten jetzt in denselben kleine Verdickungen auf, die in Gestalt feiner, stark glänzender Tröpfchen und Kügelchen der Innenseite der Wandungen aufsitzen. Anfangs glaubte ich, hier dieselbe Erscheinung vor mir zu haben, die bereits Müller[1]) bei jungen Larven bis zu solchen von 35 mm Länge mit allen Extremitäten als feine Pünktchen und Tüpfel beschrieben hat, denen auch eine Streifung in der Kantenansicht entsprechen sollte; und das um so eher, als diese sowohl wie die Müller'schen Bildungen mit Carmin sich stark färbten.

Doch habe ich die von mir erwähnten, ebenfalls mit Carmin stark sich fär-

[1]) Müller, Ueber den Bau etc.

benden Tröpfchen stets nur bei in Reduction befindlichen, niemals bei normalen Schwänzen auftreten sehen und mich bei ihnen auch niemals von der entsprechenden Streifung in der Kantenansicht überzeugen können. Diese in der Wand sich ansammelnden Tröpfchen (vergl. Figg. 55—58, Taf. III) sind meiner Ansicht nach nichts anderes, als locale Verdickungen dieser Wand, denn sie sind in keiner Richtung und nach keiner Seite durch eine scharfe Grenze von dieser zu trennen, Verdickungen, die ohne Zweifel mit einer beginnenden Volumabnahme der Zelle, oder vielmehr der Zellwand in directem Zusammenhange stehen. Denn in demselben Grade, als diese Tröpfchen, oder wenigstens ein Theil derselben, an Ausdehnung und Volum zunehmen, in demselben Maasse schrumpft auch die Zellwand immer mehr zusammen, und man sieht jetzt auf einem Quer- oder Längsschnitt durch die Chorda die abgerundeten Chordazellen, in deren verdickter, getüpfelter Wand unter Umständen auch der etwas gequollene, grobkörnig gewordene Kern aufzufinden ist, durch wechselnde Zwischenräume von einander getrennt. (Fig. 53, Taf. III.)

Auf Zupfpräparaten findet man diese isolirten Chordazellen ebenfalls sehr leicht in ihrer charakteristischen Form wieder; man erkennt dann ausserdem, dass sie nicht mehr prall und rund, sondern mannigfach gefaltet und zusammengefallen sind. Ueber das Ende dieses Einschmelzungsprocesses der Chordazellen bin ich nicht ganz ins Reine gekommen; manchmal scheint es, als ob als Endproduct desselben ein Gebilde entstünde, das, anscheinend solid, in seinem Inneren einen oder mehrere runde, stark glänzende und stark gefärbte Körper beherbergte; manchmal indessen sieht es auch aus, als zerfielen die Zellen in die Tröpfchen, die, noch unter einander in Zusammenhang und zwischen sich Pigmentkörnchen aufweisend, anscheinend an einander kleben geblieben sind. Es ist aber auch nicht unmöglich, dass beide Erscheinungen zusammengehören, und dass die zweite nur ein weiter vorgeschrittenes Stadium der ersteren ist; leider stehen mir hierüber keine Beobachtungen am frischen Materiale zu Gebote.

Auch bei der Auflösung der Chorda kommt es zur Bildung von Pigment, indessen tritt dieselbe hier nicht so in den Vordergrund, wie wir es bei den übrigen Geweben gesehen haben. Die freien Pigmentkörnchen werden hier, wie auch anderweit, durch Leukocyten aufgesammelt; was das in den Chordazellen eingeschlossene Pigment anbelangt, so habe ich nicht selten eine auffällige Beobachtung gemacht, die ich, obgleich ich sie nicht weiter zu deuten vermag, doch hier anzuführen nicht unterlassen will.

Ich habe nämlich an einzelnen Chordazellen verschiedener, meist aber späterer Reductionsstadien, besonders schön bei Pelobates, doch auch bei den übrigen Arten eine eigenthümliche Localisirung des Pigmentes gesehen, indem dasselbe, entweder aus einzelnen Körnchen bestehend, oder zu grösseren oder kleineren Kügelchen verschmolzen, an besonderen Stellen der Zelle sich ansammelt und den ganzen übrigen Zellenraum völlig frei lässt. Nun kommt es gar nicht selten auch vor, dass diese Pigmentanhäufungen sich als kugelförmige Gebilde von dem übrigen Zellenleibe mehr oder minder weit abschnüren und auf diese Weise stark pigmentirte Anhänge an sonst vollkommen pigmentlosen Gebil-

den darstellen. Es wäre jedenfalls interessant gewesen zu erfahren, ob diese Abschnürungen im Laufe der Zeit die Verbindung mit ihren Ursprungsstätten beibehalten, oder ob sie sich von denselben lostrennen und dann völlig frei werden: Ich habe jedoch Bestimmtes hierüber nicht beobachten können. Der Umstand, dass beiderlei Gebilde, die pigmentlosen Chordareste und pigmentirte, zellenartige Körper ganz von dem Aussehen der eben beschriebenen Abschnürungsproducte oft dicht beisammen, aber völlig getrennt von einander gefunden werden, genügt kaum zur Begründung einer muthmaasslichen Abschnürung; auch habe ich während des Lebens so wenig eigene Bewegungen an jenen Gebilden constatiren können (allerdings nur bei gewöhnlicher Zimmertemperatur), dass ich in Betreff der angeregten Frage keine Antwort auch nur mit einiger Wahrscheinlichkeit zu geben vermag. (vergl. Fig. 56, Taf. III.)

Dadurch nun, dass sich auf die geschilderte Art und Weise die einzelnen Chordazellen nach Aufgabe ihres gegenseitigen Zusammenhanges wahrscheinlich durch Abnahme der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit mehr und mehr verkleinern und in ihren ebenfalls zusammenfallenden Wandungen die Tröpfchen und Kügelchen aufweisen, wird natürlich das Volum der Chorda nicht unbeträchtlich reducirt und es geschieht so, dass man auf einem Querschnitte (es gilt dies vor allem für die späteren Reductionsstadien) die aus den veränderten Zellen bestehende Inhaltsmasse der Chorda durch einen mehr oder minder grossen Zwischenraum von der festen Chordascheide getrennt findet. In diesem Zwischenraume, der mit dem Vorschreiten der Rückbildung im Verhältniss immer grösser wird, — daher auch die Vermuthung eines mit der Zeit beschleunigten Zerfalles der Chorda —, findet sich auf Schnitten sehr oft eine körnig-protoplasmatische, vollkommen structurlose, aber ziemlich stark sich färbende Masse ausgeschieden, die vollständig dasselbe Aussehen und dasselbe Verhalten zur Schau trägt, wie der oben (pag. 61) bereits innerhalb der bindegewebigen Scheiden der zerfallenen Muskeln beschriebene Niederschlag, und die infolge dessen, wie dieser, als eine durch die Conservirungsflüssigkeit ausgefällte, ursprünglich gelöst gewesene Eiweisssubstanz zu betrachten sein dürfte.

Wenn die Substanz der Chorda sich infolge ihrer Substanzdefecte von ihrer Scheide, die ihr bis jetzt an der Aussenseite dicht aufgelegen hat, zurückzieht, dann muss sich naturgemäss auch das bis jetzt dicht unter der Scheide gelegene Chordaepithel mit seinen Kernen von dieser Scheide loslösen: es zeigt dann auf dem Querschnitte sowohl, wie auf dem Längsschnitte die als mehr oder minder einheitliche Masse im Inneren der Chordascheide augenscheinlich frei gelegene Chordasubstanz an ihrer Aussenseite eine dichte Anhäufung von Kernen, viel dichter, als dies bei der noch normalen Chorda der Fall war. Doch ist auch hier diese Vermehrung der Kerne nicht auf eine numerische Zunahme derselben zurückzuführen, sondern lediglich darauf, dass dieselben, nunmehr auf einen viel geringeren Raum zusammengedrängt, ungleich zahlreicher erscheinen als früher.

Mitunter sieht man auch von dieser peripheren Kernzone noch deutliche, nicht scharf begrenzte und auch nur schwach gefärbte protoplasmatische Fortsätze in radiär-centrifugaler Richtung abgehen: die Substanz der Epithelzellen,



die kurz vorher von der Scheide abgerissen, noch die Richtung nach ihrer ursprünglichen Lagerstätte hin einhalten. (vergl. Fig. 58, Taf. III.)

An den Kernen dieses jetzt von der Scheide losgelösten und einen kernreichen Mantel um die isolirte Chordasubstanz bildenden, ehemaligen Chordaepitheles kann man nun sehr schön die weiteren Zerfallsprocesse der Kerne studiren (cf. Fig. 58, 59, Taf. III). Dieselben zeichnen sich schon von Natur durch eine nicht geringe Färbbarkeit aus; im Laufe ihrer Degeneration nimmt diese noch zu und erreicht bald eine ganz bedeutsame Höhe. Man sieht dann, wie in diesen Kernen zunächst die färbbare Substanz zu einem sehr dicken, peripheren Mantel und zu einigen centralen groben Körnern zusammenschmilzt, wie nach und nach die auf diese Weise entstehende, schwarze Contour sich unregelmässig einschnürt und aus dem ehemals einfachen Kern zwei kleinere, dunkel gefärbte Körner werden, die sich eventuell wieder theilen können und zuletzt kleine, stark lichtbrechende und stark gefärbte Kügelchen darstellen, die in grosser Zahl unter den noch vorhandenen, unveränderten Kernen sich vorfinden.

Es sind offenbar dieselben Bildungen entstanden, wie wir sie auch anderwärts beim Untergange der Kerne aus der chromatischen Substanz desselben entstehen sahen; die achromatische Substanz scheint früher zu schwinden, ist aber selbst an kleinen Kügelchen oft noch in Gestalt eines seitlichen, halbmond- oder sichelförmigen, dunkel umschriebenen, hellen Hofes erkennbar. Diese Kügelchen schwinden jedenfalls an Ort und Stelle durch Auflösung, da man sie später nirgendwo anders wiederfindet.

Ob die von Barfurth[1]) beschriebenen, »mehr oder weniger glänzenden unregelmässig geformten Schollen und Körner«, die sich zwischen den Balken des Chordagewebes anhäufen sollen, auf die hier beschriebenen Fragmente der Kerne, oder auf die oben genannten Kügelchen und Tröpfchen in den Wandungen der Chordazellen, die aber beide sich scharf durch ihr Verhalten Farbstoffen gegenüber unterscheiden, zu beziehen sind, ist aus Barfurth's Mittheilungen nicht zu entnehmen.

Während so der Inhalt der Chorda ziemlich schnell zerfällt und resorbirt wird, widersteht, wie es bereits oben hervorgehoben wurde, die innere Chordascheide ziemlich lange der auflösenden Wirkung der Körperflüssigkeit und behält auch ihre ausserordentliche Festigkeit ziemlich lange bei. Da sie jedoch durch den allmählich immer weniger werdenden Inhalt Stütze und Halt verliert, andererseits aber auch durch die im Verein mit der Verkleinerung des Schwanzes zusammendrückend auf sie wirkenden flüssigen Zerfallsproducte der Gewebe gedrängt wird, so fällt sie zusammen und legt sich in mehr oder minder dichte Falten; in den derart zwischen ihr und der äusseren von dem Bindegewebe des Schwanzes gebildeten Hülle frei werdenden Raum treten vor allem Blutmassen hinein, ein Umstand, auf den wir noch später einzugehen haben werden. Diese Blutextravasate fehlen auf keinem Präparate; sie sind anfangs nicht von grosser Ausdehnung, können aber, und zwar in der Mehrzahl der Fälle, eine solche Mäch-

[1]) Barfurth, l. c. p. 46.



tigkeit annehmen, namentlich bei den grossen Pelobates- und Rana esculenta-Larven, dass ein Querschnitt durch einen solchen Schwanz zum grössten Theile nur Blutmassen zeigt. (Vergl. hierzu Fig. 63, Taf. III.)

Es scheinen sich nun schon auf diesem Stadium an einzelnen Stellen in der Chordascheide Lücken und Spältchen zu bilden, auf welche Weise freilich, das konnte ich nicht herausbekommen; man trifft aber auf Schnitten gelegentlich Stellen wechselnder Ausdehnung an, auf denen eine Chordascheide nicht getroffen ist, und ausserdem finden sich auch innerhalb der zerfallenden Chordasubstanz nicht selten verschieden zahlreiche rothe Blutkörperchen, die nur durch Oeffnungen in der Scheide dahin gelangt sein können.

Präparirt man nun diese vielfach zusammengefallene Chordascheide aus einem fast völlig reducirten Schwanzreste heraus, so bemerkt man an deren äusserer Fläche, namentlich im hinteren Theile gar nicht selten, mitunter sogar in ganz ansehnlicher Zahl, Leukocyten ansitzen, während im Inneren ausser pigmenthaltigen Zellen noch Chordareste der verschiedensten Einschmelzungsstadien vorhanden sind. Diese aufsitzenden Leukocyten zeigen zwar lebhafte Bewegungen, aber ausser einer grösseren oder geringeren Zahl von Pigmentkörnchen niemals andere geformte Bestandtheile in ihrem Inneren; es ist also auch hier nicht anzunehmen, dass sie auf mechanischem Wege zur Auflösung des Gewebes beitragen, ganz abgesehen davon, dass dieses letztere hier so fest und resistent ist, dass ihnen eine Zerstückelung desselben wohl von vorn herein nicht zuzutrauen sein möchte.

Auch Barfurth[1]) hat auf seinen Schnittpräparaten das Andringen der Leukocyten gegen die feste Chordahülle, namentlich in den Faltungen derselben gesehen und erwähnt. Freilich muss man in der Deutung dieser Gebilde äusserst vorsichtig sein, wie ich bereits früher unter Bezugnahme auf eine Bemerkung Pfitzner's (vergl. oben p. 33) hervorgehoben habe. Namentlich konnte ich für die Zeit der Degeneration des Schwanzes kein durchgreifendes Merkmal auffinden, durch welches Leukocyten und abgerundete Bindegewebszellen zu unterscheiden gewesen wären; ich habe die Gegenwart von Leukocyten erst da für erwiesen erachtet, wo ich sie an lebenden Thieren, oder an vorsichtig hergestellten und genau untersuchten frischen Präparaten infolge ihrer Bewegungen als solche zweifellos erkennen konnte.

Findet man diese Leukocyten also hauptsächlich an der Aussenseite der festen Chordascheide, so dürfte es nicht unwahrscheinlich sein, dass sie durch Risse und Spalten in das Innere zu dringen vermögen, um hier ihre Thätigkeit als Sammler der freien Pigmentkörnchen fortzusetzen. Ich wüsste wenigstens nicht, wie das Herkommen von Leukocyten innerhalb der Chordascheide sonst zu erklären wäre.

Ist auch hier also eine mechanische Mithülfe bei der Auflösung der Gewebe seitens der Leukocyten nicht anzunehmen, so wäre es doch immerhin denkbar, dass sie auf chemischem Wege auf die so äusserst feste Chordascheide einwirken,

[1]) Barfurth, l. c. p. 46.



um eine Verflüssigung derselben zu erleichtern. Beweise für eine solche Einwirkung habe ich jedoch nicht auffinden können; ausserdem scheint mir hier der Ort, auf eine Beobachtung Lavdowsky's [1]) hinzuweisen; derselbe macht darauf aufmerksam, dass, abgesehen von anderen Bedingungen, ein Kriechen der Leukocyten nur auf einer Unterlage und Stütze möglich ist, dass also in unserem Falle das Anhaften eines oder mehrerer Leukocyten an einem Gewebestück nicht nothwendig mit einer Einwirkung des ersteren auf dasselbe verbunden sein muss.

Die äussere bindegewebige Chordaumhüllung zerfällt ganz ähnlich, wie die innere Lage der Cutis: sie blättert einfach auf, d. h. die sie zusammensetzenden Bindegewebszellen weichen unter gleichzeitiger Quellung und Abrundung ihrer Kerne auseinander, so dass man binnen kurzem eine bestimmte Grenze des Bindegewebes gegen die Chorda hin nicht mehr wahrzunehmen im Stande ist. (vergl. hierzu Fig. 53, Taf. III.)

5. Reduction der Gefässe.

Während Nervensystem und Chorda von den Geweben des Schwanzes diejenigen darstellen, die am längsten den resorbirenden Einflüssen Widerstand entgegenzusetzen vermögen, sind es Bindegewebe und Gefässe, vor allem die Capillaren der äussersten Schwanzspitze, die zuerst Einbussen erleiden, wenn schliesslich auch der äussere Ausdruck davon sich nicht sofort beobachten lässt. Namentlich schwer dürfte es hier sein, den Anfang des Rückbildungsprocesses zu erkennen: es ist ja bereits bei mehreren Gelegenheiten darauf hingewiesen worden, dass nicht ein bestimmter Zeitpunkt es ist, auf dem das Grössenwachsthum des Schwanzes und die damit verbundenen progressiven Entwickelungsvorgänge aufhören, um nunmehr der Reduction, also rückschreitenden und auflösenden Veränderungen Platz zu machen, sondern dass eine ganze, mehr oder minder lange Zeitdauer hindurch beiderlei Processe nebeneinander hergehen, und erst später die Wachsthumserscheinungen denen der Rückbildung gegenüber bedeutend in den Hintergrund treten. Ganz besonders dürfte dieser Umstand für die Gefässe Geltung besitzen: vielleicht sind hierauf sogar eine ganze Anzahl der so widersprechenden Angaben über Neubildung und Verhalten der Capillaren im Schwanze der erwachsenen Froschlarven zurückzuführen.

Was das normale Verhalten der Gefässe im Schwanze der Kaulquappen anbelangt, so kann ich hier auf die sehr sorgfältigen, von S. Mayer [2]) am Schwanze der lebenden Thiere angestellten Beobachtungen verweisen, in denen auch auf die einschlägige Litteratur eingehend Rücksicht genommen worden ist, und denen ich nichts Neues hinzuzufügen habe. Neuerdings sind auch von Kölliker [3])

---

[1]) Lavdowsky, Mikroskopische Untersuchung einiger Lebensvorgänge des Blutes. Virch. Arch. etc. XCVI. 1884. Ders., Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1884. No. 34. p. 594.

[2]) Mayer, Ueber die blutleeren Gefässe im Schwanze der Batrachierlarven. Sitzungsber. d. Wiener Akad. Math.-Naturw. Kl. III. Abth. XCI. p. 204.

[3]) Kölliker, Histol. Studien etc.



weitere Angaben über Entwickelung und Structur dieser Capillaren, sowie überhaupt der Blutgefässe des Schwanzes gemacht worden.

Beobachtet man nun die Spitze der Schwanzflosse einer möglichst wenig pigmentirten Larve (die Art ist hier ganz irrelevant) gegen den Durchbruch der vorderen Extremitäten hin, und zwar unter möglichster Vermeidung von Druck — und das war in dem von mir angewandten, ausgeschliffenen Objectträger ohne Schwierigkeiten möglich, — so erkennt man zunächst, dass das Verhalten des Blutstromes in den einzelnen Capillaren durchaus nicht überall das gleiche ist. Während er nämlich in einer Anzahl derselben in völlig normaler und gleichmässiger Weise im Gange bleibt, kann man ihn in einer Anzahl anderer nicht mehr nachweisen, die Gefässe erscheinen in der That leer; doch beweist der Umstand, dass ihre Wandungen noch offen, nicht zusammengefallen sind, zur Genüge, dass eine Füllung derselben, wenn auch mit vollkommen klarer Flüssigkeit, noch vorhanden ist. In noch anderen Capillaren endlich bemerkt man eine Stauung des Inhaltes, der aus dicht gedrängten, rothen Blutkörperchen besteht, und nicht selten rhythmische, von der Pulsation des Herzens ausgelöste und abhängige Bewegung zeigt.

An den Stauungsstellen findet nun überall eine mehr oder minder ausgebreitete Diapedesis der rothen Blutzellen statt, die in das umgebende Gewebe hineingelangen und in demselben oft ziemlich weit von der Durchtrittsstelle sich entfernen. Alle diese hier nur kurz angedeuteten Verhältnisse und Vorgänge sind sehr sorgfältig beobachtet und eingehend beschrieben worden in den trefflichen Abhandlungen von Arnold, die so genau und so vollständig sind, dass, wollte ich an dieser Stelle das Verhalten des Blutstromes und seiner geformten Bestandtheile, das uns bei unseren Betrachtungen vor allen Dingen interessirt, genauer schildern, ich nur die von Arnold gemachten Angaben[1]) wiederholen könnte. Wichtig für uns ist besonders, dass am Orte der Stauung ein bedeutender Austritt vor allem rother Blutkörperchen stattfindet, während die Zahl der überall mit austretenden weissen Blutzellen den rothen gegenüber eine verschwindend kleine ist.

Auch in Gefässen, in denen der Blutstrom noch augenscheinlich ein völlig normaler ist, kann ein entweder nur spontanes, oft aber auch zur Bildung grösserer Extravasate hinführendes Austreten rother Blutkörper stattfinden. Die Einzelheiten dieses Vorganges sind von Arnold genau beobachtet und beschrieben worden: man findet bei der Untersuchung der Gefässe die rothen Blutzellen auf allen Stadien des Durchtrittes; ein Theil derselben ragt als kugelförmiges Gebilde über die Gefässwand hinaus in das umgebende Gewebe vor, während der durch eine gefaltete Einschnürung getrennte, im Inneren des Gefässes gelegene, andere Theil des Blutkörpers infolge der Strömung des Blutes lebhaft hin- und herflottirt. Eine Anzahl der so in der Gefässwand steckenden Blutkörper kommt zum völligen Durchtritt, und neue Elemente treten dann an Stelle der bereits durch-

[1]) Arnold, Ueber Diapedesis. Eine experimentelle Studie. Erste Mittheilung. Virch. Arch. etc. LVIII. 1873. p. 203. Zweite Mittheilung. Ibid. p. 231.



gegangenen in die Gefässwand ein; ein anderer Theil aber bleibt nicht intact. Es reisst die Blutscheibe in der Mitte entzwei, und es entstehen birnförmige Gebilde, die an dem einen Ende einen mehr oder weniger langen, spitz endenden Faden tragen. Wir werden gerade diese Formen später sehr häufig wiederfinden; es wird jetzt bereits erklärlich, dass sie mit einer etwaigen Theilung und Vermehrung der Blutkörper nicht das Geringste zu thun haben.

Die eben beschriebenen Bildungen, Stauungen in einem gewissen Theile der Capillaren, Extravasate der rothen Blutkörper und völlige Umwegsamkeit einer Anzahl anderer Gefässe habe ich nun bei den von mir untersuchten Thieren um die angegebene Zeit, in die notorisch der Zerfall der ersten Bauelemente des Schwanzes fällt, niemals vermisst, und ich bin aus diesem Grunde nicht abgeneigt, in denselben Erscheinungen zu sehen, die mit in den Complex der Rückbildungsprocesse gehören und möglicherweise einleitende oder vorbereitende Stadien desselben darstellen. Es wird diese Vermuthung in Betreff der nicht mehr wegsamen Capillaren bereits von Mayer[1]) geäussert: »Beim Anblick derartiger Vorkommnisse (unwegsamer Capillaren), auf die man hier und da stösst, wird man nicht leicht in Zweifel bleiben können, dass es sich hier nicht sowohl um Herstellung eines neuen Stückes Blutbahn, als vielmehr um die Einschmelzung eines solchen, resp. Rückbildung, die Ausschaltung eines vorher durchströmten Theiles der Blutbahn aus dem Strome handelt. Hierbei bleiben offenbar in den Gefässen Blutkörper zurück, welche dort, sei es mit oder ohne Intervention von ungefärbten Blutzellen, einer Pigmentmetamorphose unterliegen.«

Mögen aber diese nicht mehr wegsamen Capillaren nun in Weiterentwickelung oder in Rückbildung begriffene Gefässe sein, Thatsache bleibt immer, dass mit dem allmählichen Einschmelzen und Kleinerwerden der Schwanzflosse auch die in denselben gelegenen, ursprünglich sehr reich anastomosirenden Capillaren an Zahl sowohl, wie an Schlingenbildung nicht unbeträchtlich abnehmen. Wie dies freilich zu Stande kommt, auf welche Weise neue Capillaren ausgeschaltet und unwegsam gemacht werden, darüber sind sichere Beobachtungen nur schwer und unter besonders günstigen Bedingungen zu machen. Ich sah mehrmals, wie an der Ursprungsstelle eines kleinen Gefässchens aus einem etwas stärkeren die Ränder des ersteren etwas in das Lumen des letzteren vorsprangen, indem die daselbst gelegenen Kerne sich etwas verdickt und dadurch zugleich das Lumen des kleineren Gefässes an der Abzweigungsstelle etwas verengt hatten; es liess sich auch beobachten, dass in dieses Gefäss nur wenige geformte Bestandtheile eindrangen, indess die Mehrzahl in dem grossen weiterströmte. Ob wir freilich hier ein Stadium der erfolgenden Ausschaltung vor uns haben, das bleibt sehr unentschieden; als ich einige Stunden später, nachdem die Larve wieder im Wasser umhergeschwommen war[2]), — dieselbe hatte beide Hinterextremitäten und von den vorderen die rechte frei — nach erneuter Versetzung in den unbeweglichen Zustand wiederum untersucht wurde, konnte ich jene Gabelungsstelle

---

[1]) Mayer, Die blutleeren Gefässe etc. p. 232 ff.

[2]) Immobilisirung durch den Strom (pag. 10).

der Gefässe nicht mehr auffinden, obgleich ich mir dieselbe ziemlich genau gemerkt hatte; augenscheinlich war der kleine Seitenzweig verschwunden, und keine Spur von ihm liess sich noch entdecken.

Denn ist es schon an dem verhältnissmässig noch durchsichtigen, normalen Schwanze schwer, die nicht mehr von dem Blutstrome passirten und zusammengeschnurrten Capillaren deutlich zu erkennen und zu verfolgen, so ist es an dem in Reduction befindlichen auch von frühen Stadien derselben an fast unausführbar, dieselben mit Sicherheit aufzufinden und von den Bindegewebszellen der Schwanzgallerte zu unterscheiden. Gewöhnlich sieht man nur die vom Strome passirten Gefässe und die an verschiedenen Stellen gebildeten, mehr oder minder ausgedehnten Extravasate. An Schnittpräparaten ist von diesen Verhältnissen gewöhnlich gar nichts zu erkennen.

Die noch von dem Blutstrome passirten Capillaren werden nun auf den späteren Stadien der Rückbildung immer weiter und stärker, und der in ihnen sich bewegende Blutstrom zeichnet sich dadurch aus, dass er einmal langsamer und träger von statten geht, vor allem aber dadurch, dass von einem Blutplasma fast nichts mehr zu erkennen ist, so dicht liegen in demselben die körperlichen Bestandtheile. Man kann auf Schnitten leicht constatiren, dass diese stark gefüllten Gefässe stets noch dicht unter der einsinkenden Schwanzspitze und dicht unter der Haut der Schwanzflosse hinziehen; dabei nimmt jedoch die Extravasation von Blutkörpern, namentlich rothen, jetzt immer enormere Dimensionen an. Leider lässt sich hiervon am lebenden Thiere absolut nichts studiren, da man jetzt kaum noch den Verlauf der grösseren Gefässe erkennen und mit der Anwendung auch nur mittlerer Vergrösserungen nichts mehr erreichen kann.

Ich bin deshalb auch nicht im Stande, mit Bestimmtheit zu sagen, ob die erwähnte starke Infiltration des Bindegewebes mit Blutkörpern auf massenhafter Diapedesis derselben durch die intact bleibenden Gefässwände beruht, oder durch völliges Reissen der letzteren an gewissen Stellen zu Stande kommt. Ich möchte das letztere vermuthen; denn schon, wenn der Schwanz noch die Länge der erwachsenen Hinterextremitäten besitzt, trifft man auf Querschnitten Gefässe sehr zahlreich an, die so von den sich gegenseitig abplattenden Blutzellen erfüllt sind, dass nicht der geringste Zwischenraum zwischen denselben frei bleibt: es macht immer den Eindruck, als ob die Menge der vorhandenen Blutkörper in diesen Gefässen des einschrumpfenden Schwanzes keinen Platz mehr fände und dieselben zu zertreiben trachtete. Von einer histologischen Structur der Gefässwand ist an solchen Capillaren natürlich ausser einer scharfen Grenzlinie nichts mehr zu erkennen; man findet jedoch, namentlich in der Spitze des Schwanzes, auf den in Rede stehenden Präparaten nicht selten auch Blutkörperchengruppen, die, an einer Seite durch eine deutlich nachweisbare Linie begrenzt, eine solche an der anderen Seite nicht mehr hervortreten lassen: die Elemente zerstreuen sich von hier aus unmittelbar und unregelmässig in das umgebende Gewebe hinein, es sieht aus, als ob hier eine Trennung der Gefässwand eingetreten wäre.

Auf noch späteren Stadien findet man sämmtliche Gewebe mehr oder minder stark mit Blutkörpern infiltrirt, namentlich aber ist derjenige Raum, der früher



von der Chorda eingenommen wurde, — denn diese ist jetzt viel weiter zusammengefallen und zurückgegangen, als der übrige Schwanz — völlig mit ausgetretenen Blutmassen erfüllt, wie bereits oben bei Besprechung der Chorda angegeben. Daher kommt es auch, dass ein ziemlich starker Blutaustritt erfolgt, wenn man einen weit reducirten Schwanz vor seiner Spitze abschneidet; auffällig ist hierbei aber, dass kein Blut eigentlich abfliesst, sondern dass der grosse, einmal ausgetretene Tropfen so bleibt, wie er gewesen, während hingegen bei dem normalen Schwanze nach Entfernung der Spitze eine zwar nicht so ausgiebige, aber länger andauernde Blutung stattfindet. Es lässt sich aus diesem verschiedenen Verhalten wohl der Schluss ziehen, dass die früher gleichmässige und lebhafte Circulation des Blutes in dem Schwanzstumpfe wenn nicht ganz aufgehoben, so doch sehr vermindert ist; begreiflich, da in den so unregelmässig verlaufenden und mit bestimmten, glatten Wandungen nicht ausgestatteten Hohlräumen noch vorhandene Strömungen sich von selbst gegenseitig stören und stauen müssen.

Ich habe hier weiter zu erwähnen, dass man auf Schnitten in dem Bindegewebe des Schwanzes oft und reichlich, namentlich gegen das Ende der Verwandlungszeit hin Gefässe antrifft, die zwar ebenfalls prall aufgetrieben erscheinen, aber in ihrem Inneren ausser einigen gelegentlich vorkommenden, pigmenthaltigen oder leeren Leukocyten keinen sichtbaren Inhalt zeigen. Sie erreichen dieselbe Weite, wie die dicht daneben verlaufenden stark gefüllten Blutgefässe, ihre Wandung wird durch eine glatte, scharfe Linie dargestellt, der an der Aussenseite nicht selten flache Pigmentzellen aufliegen. Offenbar sind sie während des Lebens mit einer klaren, wahrscheinlich lymphatischen Flüssigkeit gefüllt gewesen, die keinen rechten Abfluss gefunden und deshalb die Wandungen in so augenfälliger Weise aufgetrieben hat; dass sie stark erweiterte Lymphgefässe repräsentiren, dürfte auch in Anbetracht ihres geformten Inhaltes nicht unwahrscheinlich sein.

Was das Verhalten der grösseren Gefässe, namentlich der Arteria caudalis, während der Reduction anbelangt, so findet man sie naturgemäss auf Schnitten entweder ganz leer, oder nur selten und mit wenigen Blutkörpern gefüllt. Während ich nun über die Obliteration der Capillaren und Venen, und vor allem deren Wandungen bestimmte Angaben mit einiger Sicherheit nicht machen kann, gelingt es nicht schwer, die Auflösung der Schwanzarterie zu beobachten. Namentlich auf einigen glücklich getroffenen dorsoventralen Längsschnitten durch Schwänze, die in ihrer Länge ungefähr die Fusswurzel der erwachsenen Hinterbeine erreichen, kann man die Verhältnisse unter günstigen Umständen alle neben einander betrachten. Durchgängig zeigt sich das Gefäss stark zusammengeschnurrt; weiter hinten sieht man, wie die den Innenraum auskleidenden Epithelzellen ihren Zusammenhang aufgeben, abblättern und in den Innenraum des Gefässes hereinragen. Sie scheinen später ganz abzufallen, gelangen dann in das Lumen des Gefässes hinein und werden, nachdem sie sich mehr oder weniger abgerundet, mit dem Blutstrome weiter geführt; ihr endliches Schicksal wird wohl der Untergang sein.

Ganz dasselbe Verhalten zeigt auch der dem Epithel anliegende Muskelbelag;

die innen gelegenen Längsmuskelzellen lösen sich auch allmählich ab und werden nach mehr oder weniger weit gehender Abrundung von dem Blutstrome weiter geführt (vergl. Fig. 64, 65, Taf. IV); die aussen aufgelagerten Ringmuskelzellen, die nach den neuesten Untersuchungen von Kölliker[1]) aus lymphoiden Zellen der Umgebung hervorgegangen sein sollen und bis jetzt dicht an einander lagen, beginnen sich ebenfalls zu lockern. Es treten grössere und kleinere Vacuolen zwischen ihnen auf und auch ihre Kerne zeigen Alterserscheinungen, wie wir sie bereits mehrfach angetroffen. Sie treten schliesslich einzeln in das umgebende Bindegewebe hinaus, von dessen Zellen sie dann in keiner Weise mehr zu unterscheiden sind.

Die in der Umgebung der Gefässwände oft vorkommenden Pigmentzellen verhalten sich ganz, wie es bereits von den anderen beschrieben worden ist: sie ziehen ihre Fortsätze ein und vermischen sich dann dicht vor der einsinkenden Schwanzspitze mit den schon daselbst angesammelten, um zur Vermehrung der schwarzen Färbung beizutragen.

Es scheint also auch die Auflösung der Gefässe, wie die der übrigen Organe, eingeleitet zu werden dadurch, dass die zwischen den constituirenden Zellen gelegene und die feste Verbindung derselben herstellende Kittsubstanz in Lösung übergeht, wenn anders ich den bei den Arterien beobachteten Verlauf der Obliteration auch für die Wandungen der Venen in Anspruch nehmen kann, ein Schluss, der wohl kaum als ungerechtfertigt erscheinen dürfte. Die durch Lösung der Intercellularsubstanz ihres Haltes beraubten und in ihrem Zusammenhange gelockerten Bauelemente der Gefässwände lösen sich dann mit der Zeit aus der Nachbarschaft der anderen heraus und werden entweder von dem Blutstrome fortgeführt, oder sie verlieren sich in dem umgebenden Gewebe, um mit diesem der Resorption anheimzufallen. Eine Mithülfe von weissen Blutzellen habe ich auch hier nirgendwo entdecken können.

Der den degenerirenden Schwanz durchfliessende Blutstrom verliert zunächst mit dem Fortschreiten des Rückbildungsprocesses immer mehr an seiner früheren Stetigkeit und Lebendigkeit; er wälzt seine äusserst zahlreichen und dicht sich drängenden körperlichen Elemente mit der Zeit immer träger und langsamer durch die noch vorhandenen Bahnen, deren Wandungen den Inhalt schliesslich nicht mehr zu halten vermögen und ihn in die umgebenden Gewebepartien hinaustreten lassen. Mit der Zunahme und der Ausbreitung der so entstehenden Extravasate büsst der bis jetzt noch circulirende Strom seine Bewegung fast völlig ein: es fällt mit den Gefässen des Schwanzes zuletzt auch ihr Inhalt den reducirenden Kräften zum Opfer.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass einmal vor allem die um diese Zeit mächtig sich entwickelnden Hinterbeine, die bedeutendes Nährmaterial, infolge dessen auch eine rege Blutzufuhr für sich in Anspruch nehmen, den früher nach dem Schwanze hingerichteten Blutstrom auf sich selbst zu lenken, und dass andererseits auch in der Entwickelung des Steissbeines und des Beckengürtels

[1]) Kölliker, Histol. Studien etc. p. 36.



für den Blutstrom nach dem Schwanze hin, und mehr noch für den von daher zurückkehrenden Hemmnisse erwachsen, die, indem sie zur Bildung von Stauungen und Extravasaten führen, seine frühere Regelmässigkeit immer mehr in Frage stellen und ihn schliesslich gänzlich zum Aufhören bringen.

Ich habe während der vorliegenden Untersuchungen den zuletzt angedeuteten Verhältnissen keine tiefer gehende Aufmerksamkeit schenken können und vermag dieselben deshalb nur vermuthungsweise hier zu berühren; dieselben würden bei dem Studium der während der Metamorphose auftretenden, inneren Umwandlungen näher zu besprechen sein.

6. Reduction des Bindegewebes.

Ueber die Reduction des Bindegewebes ist nicht viel zu sagen. Dasselbe besteht in dem normalen Schwanze, wie bereits in den oben mehrfach erwähnten Untersuchungen Eberth's, Leydig's u. A. beschrieben worden ist, aus sternförmigen, mit ausserordentlich langen Fortsätzen ausgestatteten Zellen, zwischen denen eine weiche, gallertige Zwischensubstanz vorhanden ist. Ausser diesen Bindegewebszellen trifft man in der Flosse des Schwanzes stets einmal eine grössere oder geringere Anzahl von Pigmentzellen, die sich namentlich unter der Cutis parallel zu dieser in eine oder mehrere continuirliche Lagen ordnen, und dann Leukocyten, die sich zwischen den Zellen des Flossensaumes mehr oder minder zahlreich herumtreiben. Dass sich eine Anzahl der Bindegewebszellen der Cutis dichter anlegt und zur Verdickung derselben beiträgt, eine andere in der Umgebung der Chorda die Bildung einer zweiten Hülle um dieselbe vermittelt, ist bereits früher erwähnt worden.

Bezüglich der Rückbildung und Auflösung dieses Bindegewebes kann ich eigentlich weiter nichts sagen, als dass die einzelnen Zellen ihre ursprünglich so beträchtlich langen Fortsätze einziehen, und sich mehr und mehr zu spindelförmigen, später ovalen Gebilden abrunden; irgend welche Vorgänge anderer Art habe ich nicht constatiren können. Dadurch, dass die ehemals so langen Fortsätze der Zellen kürzer werden, und überhaupt der Querschnitt des Schwanzes nicht unbeträchtlich sich verkleinert, nähern sich die einzelnen Zellen des Bindegewebes einander immer mehr, und es kann dann sehr evident der Eindruck hervorgerufen werden, als ob das ursprünglich ziemlich zellenarme, durchsichtige Gewebe zu einem sehr dichten zellen- resp. kernreichen geworden wäre. Natürlicherweise ist aber hier weder von einer Vermehrung der Zellen, noch der Kerne die Rede; dieselben sind lediglich auf einen kleineren Raum zusammengedrängt und sehen so vermehrt aus.

Ganz abgesehen davon, dass für eine normale Vermehrung und Proliferation der Zellen, resp. ihrer Kerne ein plausibler Grund, oder ein Zweck nicht wohl ersehen werden kann, geht die Wahrscheinlichkeit, dass in der That eine Neubildung von Kernen kaum stattfinden kann, auch aus dem Verhalten der letzteren selbst hervor. Während ein Theil derselben besondere, auffällige Eigen-

schaften nicht zeigt, bemerkt man an anderen wiederum das charakteristische Abblassen des Kerninhaltes, während die Chromatinkörner im Inneren, sowie der äussere Contour scharf und schwarz hervortreten. Dieses veränderte Aussehen der Kerne ist gerade bei dem Bindegewebe oft sehr augenfällig ausgesprochen; es deutet darauf hin, dass auch hier die Zellen nach und nach untergehen, genau so wie die Elemente der anderen Gewebe, durch Zerfall und Auflösung der sie constituirenden Substanz.

Dabei tritt zugleich eine mit dem Vorschreiten der Degeneration immer ausgesprochenere Nivellirung der früher für die verschiedenen histologischen Elemente der Gewebe oft charakteristischen Eigenthümlichkeiten ein, und es ist dann eine Unterscheidung dieser untergehenden Bausteine des Larvenschwanzes nach ihrer Natur kaum noch durchzuführen. Schon früher wurde darauf aufmerksam gemacht, wie es nicht möglich war, das fernere Schicksal der Epithelzellen des Rückenmarkcentralcanales zu erforschen; jetzt gelingt es schon gar nicht mehr, aus der Masse der sich ansammelnden Trümmer bestimmte Gebilde herauszufinden und auf ihre histologische Bedeutung zurückzuführen, mit Ausnahme vielleicht der Blutkörper und der Pigmentzellen.

Namentlich schwer ist es jetzt, auf Schnittpräparaten aus der Menge der Elemente die Leukocyten herauszufinden, die, wie wir gesehen haben, ohne sich activ an der Zerstörung der Gewebe zu betheiligen, auch während der Rückbildung des Schwanzes die Masse desselben in grosser Zahl durchwandern und die unlöslichen Producte des Gewebszerfalles aufnehmen. Neben den pigmenthaltigen und infolge dieser Beschaffenheit unschwer kenntlichen findet sich aber eine mindestens ebenso grosse Zahl von Amöboidzellen im Schwanze vor, die vollkommen frei und leer sind, und deren Bedeutung infolge dessen ungleich schwerer zu bestimmen sein dürfte.

Es drängt sich gerade bei der Betrachtung dieser späteren Stadien der Geweberückbildung dem Beobachter fast unwillkürlich die Bemerkung auf, dass alle die früher so charakteristischen und leicht erkennbaren Unterschiede in dem äusseren Habitus der einzelnen Zellenarten mehr und mehr verschwinden und einem gleichartigen, indifferenten Aussehen Platz machen. Und doch gehören diese Zellenarten den verschiedensten Gewebeformen an, ja sie haben sogar aus verschiedenen Keimblättern ihren Ursprung genommen: gewiss eine Thatsache, die kaum zu Gunsten der Lehre von der nicht blos functionellen, sondern principiellen Verschiedenheit der Keimblätter, dieser Elementarorgane des Thierkörpers, sprechen dürfte. Wie vielmehr jene Elementarorgane im Laufe ihrer Entstehung infolge des Principes der Arbeitstheilung eine verschiedene Function und, dadurch bedingt, verschiedene Form und Beschaffenheit ihrer Elemente sich nach und nach erwarben, so kehren die letzteren jetzt unter allmählicher Abgabe ihrer specifischen Bestandtheile (möglicherweise gewinnt hier das Pigment einige Bedeutung) zu ihrer ursprünglichen, indifferenten Qualität zurück, um sich aufzulösen und für die Gesammtheit der übrigen Organe ein passendes Nährmaterial zu bilden.

Ueber das Verhalten des zwischen den Muskeln gelegenen interstitiellen

Gewebes ist bereits früher bei der Rückbildung der Muskeln gesprochen worden; auf Längsschnitten kurzer Schwanzstümpfe tritt es namentlich in dem hinteren Theile, da wo von den früheren Muskeln keine Spur mehr vorhanden ist, sehr stark hervor; und zwar bildet es hier deutlich hervortretende, longitudinale Züge von verschiedener Mächtigkeit, die durch grössere oder kleinere unregelmässige Längsspalten getrennt sind, in denen sich hier und da, nach vorn zu in immer wachsender Zahl, Reste von Muskelfragmenten oder solche selbst vorfinden. Die früher zwischen den Muskeln verlaufenden Capillaren treten jetzt infolge ihrer ausserordentlichen Füllung stark hervor (vergl. Fig. 67, Taf. IV); gegen das übrige Bindegewebe heben sich jene ausgesprochen fibrillär verlaufenden Züge infolge dieses letzteren Verhaltens sehr deutlich ab. Die einzelnen Zellen liegen sehr dicht, oft in einer sehr feinkörnigen, gut gefärbten Grundmasse; das Gewebe ist auch sehr kernreich, die Kerne gross, mehr oder minder oval und mit groben Chromatinkörnern ausgestattet; auch hier haben, wie ich glaube, lediglich die Ansammlung und das nahe Zusammenrücken der Elemente infolge des Muskelschwundes die scheinbare Kernvermehrung hervorgerufen.

An dieser Stelle möchte ich nun noch eines anderen, interessanten und theilweise auch hierhergehörigen Factums Erwähnung thun. Es hatte sich darum gehandelt, zur Demonstration der Lebensgeschichte verschiedener Trematoden Züchtungsexperimente anzustellen, und es waren zu diesem Zwecke eine Anzahl von Froschlarven verschiedenen Alters in einem Aquarium gehalten worden, in welches ausserdem eine Anzahl mit den Sporocysten der Cercaria armata behafteter Limnaeen eingesetzt worden waren. Bei der kurze Zeit darauf angestellten Untersuchung ergaben sich sämmtliche der betreffenden Larven als ziemlich zahlreich mit encystirten jungen Würmern besetzt, die am Körper und mehr noch am Schwanze dicht unter der Haut, zum Theil tiefer in das subcutane Bindegewebe eingelagert waren. Namentlich die letzteren zeigten deutlich ausser der von dem Parasiten selbst im Umkreise seines Leibes erzeugten Cyste eine zweite, von dem Wirthe gebildete Umhüllung, die sich aus dicht aneinandergelagerten und verfilzten, plattgedrückten Bindegewebszellen zusammengesetzt erwies, eine Bildung, wie sie namentlich durch die ausgedehnten Untersuchungen Leuckart's[1]) für alle encystirten Jugendformen der Helminthen als charakteristisch erkannt worden ist.

Ein Rest dieser inficirten Larven leitete die Verwandlung ein und wurde in der Folge zu Untersuchungen über die Reductionsvorgänge verwendet. Dabei ergab sich das interessante Resultat, dass diese encystirten Parasiten nicht etwa eliminirt, sondern behalten und infolge der Rückbildung ihres ursprünglichen Sitzes augenscheinlich in den Körper transportirt wurden. Natürlicherweise muss zu diesem Zwecke vorher die bindegewebige Hülle, durch die der Parasit an seinem Platze gefesselt ist, aufgelöst werden, und das geschieht genau in derselben Art und Weise, wie auch die bindegewebigen Theile der Cutis und die äussere Chordascheide aufgelöst und resorbirt werden.

[1]) Leuckart, Die Parasiten des Menschen und die von ihnen herrührenden Krankheiten. Leipzig 1886. II. Aufl.

Die ursprünglich zu einer sehr festen Hülle dicht verfilzten Zellen blättern, wahrscheinlich indem sie ihre Fortsätze einziehen, und so nach gleichzeitiger Verflüssigung der Kittsubstanz die Verbindung mit den Nachbarelementen aufgeben, nach aussen als einfach spindelförmige Gebilde ab; sie ziehen sich mehr und mehr zusammen und werden zu rundlichen oder ovalen Körpern, die dann nicht mehr von den ebenso gestalteten Zellen des übrigen Bindegewebes sich unterscheiden lassen. Von seiner eigenen Cyste bleibt der so frei gewordene Parasit natürlicherweise nach wie vor umhüllt; er rückt jetzt mit der fortschreitenden Verkürzung des Schwanzes nach vorn und trifft da gelegentlich mit anderen Schicksalsgenossen zusammen, ein Vorgang, der in der Ansammlung der Pigmentzellen in der Spitze des degenerirenden Schwanzes ein völlig entsprechendes Gegenstück findet.

Das weitere Schicksal dieser Parasiten, wohin sie zuletzt geführt werden, und was an diesem definitiven Sitze mit ihnen geschieht, habe ich nicht verfolgt; doch denke ich bei Gelegenheit fortgesetzter Untersuchungen, die im Anschluss an die gegenwärtigen über die Veränderungen der Organe im Inneren des Froschkörpers während der Verwandlung, namentlich über die Umformung des Darmes handeln sollen, auf diese jedenfalls nicht uninteressanten Verhältnisse zurückzukommen.

III. Zusammenfassung.

Ueberblicken wir nun nochmals die Gesammtheit aller der im Vorhergehenden eingehend beschriebenen Thatsachen, dann dürften sich für den Vorgang des Gewebezerfalles bei der Rückbildung des Froschlarvenschwanzes ungefähr die folgenden Angaben von allgemeinerer Gültigkeit aufstellen lassen. Vor allem ist als ganz wesentlicher Charakter des Zerfallsprocesses hinzustellen, dass derselbe ohne jede nachweisbare Mithülfe von Leukocyten zu Stande kommt, und dass es nur gewisse, infolge des Zerfalles gebildete Producte sind, welche von den letzteren aufgenommen und fortgeschafft werden.

Indem wir von den Ursachen, welche den Zerfall bedingen, einstweilen noch vollkommen absehen, macht der Beginn desselben sich vielfach dadurch kenntlich, dass die Kittmasse, welche die histologischen Elemente des Gewebes zu einem mehr oder minder festen Ganzen vereinigt, in Lösung übergeht, und dass infolge dessen eine öfters sehr auffallende Lockerung der Gewebsstructur zu Stande kommt. Gleichzeitig mit dieser machen sich auch in dem Protoplasma der Zellen Veränderungen geltend, während der Kern meist noch eine Zeit lang seine frühere Structur bewahrt und vielfach nicht unbedeutend länger erhalten bleibt, als die zu ihm gehörige Zelle.

Der Zerfall des Zellprotoplasmas wird in den meisten Fällen eingeleitet durch eine Trennung, eine Dissociation der protoplasmatischen Substanzen, welche, in der lebenden Zelle entweder vermischt, oder isolirt und nach gewissen constanten Gesetzen angeordnet, das ausmachen, was man unter Structur der Zelle

begreift. Die Zellsubstanz giebt ihre normale, charakteristische Structur auf: das ursprünglich in Form eines mehr oder weniger ausgeprägten Schwammgerüstes vorhandene, meist stärker färbbare Spongioplasma zieht sich zusammen, die einzelnen Balken werden gröber, und schliesslich zerfällt das Ganze in eine grössere oder kleinere Anzahl von kugelrunden Tröpfchen, die innerhalb des weniger oder gar nicht gefärbten Hyaloplasmas liegen, das seinerseits ebenfalls zu einer einheitlichen Masse sich vereinigt hat.

Dieser Scheidungsprocess der optisch und chemisch verschiedenen Bestandtheile des lebenden Protoplasmas kann aber zu gleicher Zeit begleitet werden von unsichtbaren, physiologischen oder chemischen Processen, infolge deren wahrscheinlich noch weitere, flüssigere Producte geliefert werden, welche, wenn sie nicht sofort Abfluss finden, zur Vacuolenbildung oder zur blasigen Auftreibung der ganzen Zelle führen, indessen als unlösliche Ueberreste, Ausscheidungsproducte, in allen Fällen eine wechselnde Anzahl von freien Pigmentkörnchen gebildet wird. Während in der Folge nun zuerst das flüssigere und am leichtesten lösliche, wahrscheinlich aus dem Hyaloplasma stammende Product am raschesten verschwindet, d. h. also, in der lymphatischen Leibesflüssigkeit in Lösung geht, tritt dies bei den schwerer löslichen, dunkel gefärbten und etwas stärker lichtbrechenden Kügelchen des Spongioplasmas erst später ein; sie schwinden aber völlig selbstständig und werden nicht etwa Opfer von Leukocyten. Die Pigmentkörnchen hingegen, die in der Leibesflüssigkeit unlöslich sind, wirken augenscheinlich als Fremdkörper in dem Metschnikoff'schen Sinne und werden von Leukocyten gefressen und fortgeführt.

Dieser Modus des Zerfalles und der Auflösung gilt für das Zellprotoplasma aller Gewebe; eine geringfügige Abweichung zeigen nur die Muskeln, bei deren Auflösung allein, entsprechend der fast verschwindenden Bildung von Pigmentkörnchen, fast keine chemischen, sondern vorzugsweise Vorgänge physikalischer Natur obzuwalten scheinen. Nach Auflösung der Kittsubstanz tritt eine Quellung der Fibrillen ein, die aber nicht zu einer vollständigen Auflösung, sondern nur zu gegenseitiger Verfrittung und Verklebung derselben führt. Diese letztere wiederum ist begleitet von einer allmählichen Vermischung der in dem normalen und noch functionirenden Muskel so scharf geschiedenen isotropen und anisotropen Substanzen; infolge derselben verliert sich auch das früher so ausgesprochene, optische Verhalten immer mehr und das Protoplasma der Muskelfasern nimmt wieder, wenn man sich so ausdrücken darf, die ursprüngliche, amorphe Beschaffenheit des gewöhnlichen Zellprotoplasmas an. Mit der völligen Vermischung der isotropen und anisotropen Substanz schwindet auch der optische Ausdruck dieses Unterschiedes, die Querstreifung und die Fähigkeit der Doppelbrechung des Lichtes gänzlich, und das jetzt indifferent gewordene, organische Material wird gelöst, wie das übrige auch.

Auf eine ganz ähnliche, im Princip vielleicht sogar dieselbe Weise gehen auch die Kerne verloren, die, wie bereits erwähnt, den zerstörenden Wirkungen der reducirenden Kräfte einen augenscheinlich energischeren Widerstand entgegensetzen. Die Erscheinungen, unter denen sie, zum Theil gleichzeitig mit

der zugehörigen Zelle, zum Theil später als diese, zu Grunde gehen, stimmen in augenfälliger Weise überein mit den Beobachtungen, die Pfitzner, Flemming, Hermann etc. über die senile Atrophie und die regressive Metamorphose der Zelle und des Kernes mitgetheilt haben. Auch hier kommt es zu einer Dissociation der den Kern zusammensetzenden Substanzen (chromatolytische Figuren, Flemming) und wahrscheinlich auch zu gewissen chemischen Umwandlungen, infolge deren die Kerngrundsubstanz sich völlig der Beobachtung entzieht, während der chromatische Bestandtheil des Kernes mehr und mehr zusammenschrumpft, und zuletzt einen oder mehrere structurlose, stark gefärbte Ballen darstellt, die unter Umständen noch weiter in eine Anzahl Bröckel zerfallen können und allmählich mitsammt der Kernmembran der Auflösung anheimfallen.

Im Grossen und Ganzen schliesslich, das möchte ich nochmals betonen, trägt der geschilderte Zerfallsprocess als ganz allgemeines Merkmal die Eigenschaft zur Schau, nicht nur von den Verhältnissen der Umgebung, d. i. von Jahreszeit, Temperatur, Witterung etc. abhängig zu sein, sondern auch durch Zustände individueller Natur in hohem Grade beeinflusst zu werden, sowohl was seinen Verlauf im allgemeinen, als auch was das Auftreten der oben näher beschriebenen Einzelheiten in seinem Fortgange anbelangt. Denn lediglich darin dürfte der gewiss eigenthümliche Umstand seine Begründung finden, dass von Thieren, die von derselben Eiablage stammen, die während ihrer ganzen bisherigen Lebenszeit unter annähernd denselben Verhältnissen und Existenzbedingungen gelebt haben, die einen zum Theil sehr beträchtlich schneller und leichter die Verwandlung einleiten und vollenden, als die anderen. Es wird auch gerade aus den bisher geschilderten Beobachtungen mit Nothwendigkeit der Eindruck gewonnen worden sein, dass die Einzelheiten des Zerfallsvorganges, sowohl was ihr Auftreten selbst, als was die Dauer dieses Auftretens anbelangt, oft in ausserordentlichem Maasse Schwankungen zeigten, Schwankungen, die so weit gehen konnten, dass unter Umständen ein scheinbar ganz anderes Bild des Zerfalles vor Augen geführt wurde. Dazu kommt, dass auch nicht zu allen Zeiten der Rückbildung das Bild von dem Zerfalle eines und desselben Organes immer das gleiche ist, sondern oft mit dem anderen kaum in Beziehung zu stehen scheint.

Deshalb mussten auch, um ein Verständniss gewisser Verhältnisse zu gewinnen, eine sehr grosse Zahl von Präparaten angefertigt und eingehend studirt und verglichen werden, während bei anderen genaue Untersuchung eines einzigen vielleicht schon auf die rechte Spur und zu der richtigen Erkenntniss führte.

So wurden wohl die Schwankungen in dem Auftreten und dem Fortschreiten des Processes aufgefunden, es wurden dieselben wohl auch als in Zuständen und Anlagen des einzelnen Individuums begründet erkannt: in welcher Weise freilich die wechselnden Verhältnisse der Umgebung einwirken, worin vor allem die individuell verschiedene Verwandlungsfähigkeit ihre Erklärung und Begründung finden mag, darüber Klarheit zu schaffen, dürfte späteren Forschungen überlassen werden müssen.

Abgesehen nun von der vollkommenen Selbstständigkeit, mit der er zu Stande kommt, möchte ich als weitere charakteristische und sehr wesentliche Eigen-

thümlichkeit des geschilderten Zerfallsvorganges der Gewebe den Umstand hinstellen, dass wir es hier nicht mit einer Degeneration, einer Entartung der Gewebe und ihrer histologischen Bestandtheile zu thun haben, sondern mit einer reinen Auflösung, mit einer Resorption im strengen Sinne des Wortes. Lassen wir die verhältnissmässig sehr geringe Masse der absterbenden und verloren gehenden Epidermiszellen aus dem Spiele, dann dient das gesammte übrige Material des Schwanzes dem Thiere während der Verwandlungszeit als Nahrung, nachdem es vorher auf dem denkbar kürzesten Wege, d. h. durch einfache Auflösung in flüssige Form übergeführt worden ist.

In dieser Hinsicht ist der Schwanz für die sich verwandelnde Froschlarve, wenn ein Vergleich gezogen werden soll, kaum etwas anderes, als der Dottersack für den sich entwickelnden Embryo; auch im Dottersack ist das Material augenscheinlich in fester, freilich nicht in specifisch differenzirter Form vorhanden, auch das Dottermaterial wird ohne Hülfe von Leuko- oder Phagocyten in den meisten Fällen einfach durch die auflösende Wirkung der Blut- und Leibesflüssigkeit verflüssigt und aufgebraucht.

Aus diesem Grunde ist auch die hier in Rede stehende, physiologische Degeneration des Larvenschwanzes ein völlig anderer Vorgang, als eine grosse Anzahl pathologischer Degenerationsprocesse, bei denen thatsächlich eine Entartung der Gewebe unter Bildung von Stoffen stattfindet, welche unter normalen Verhältnissen in jenen Organen nicht, oder überhaupt im Thierkörper nicht ihre Entstehung nehmen. Mit alleiniger Ausnahme der Pigmentbildung, die in dieser Hinsicht allein schon eine etwas exceptionelle Stellung beansprucht, habe ich bei meinen Untersuchungen von allen den verschiedenen Degenerationsarten, die der pathologische Anatom als amyloide und colloide, als hyaline und hydropische Degeneration etc. unterscheidet, keinerlei Spuren aufgefunden. Auch das Auftreten einer fettigen Entartung von Elementen muss ich bestimmt in Abrede stellen, ebensowenig, wie ich von einer Entstehung von Riesenzellen und ähnlicher Gebilde je Anzeichen habe finden können.

Der ganze Process trägt unzweifelhaft den Charakter eines physiologischen, eines reinen Lebensprocesses an sich; die histologischen Elemente der Gewebe behalten ihre Lebensfähigkeit und die Tendenz zu Wachsthum und Proliferation so lange unverändert bei, bis sie durch eine vis major auseinandergesprengt und in Lösung übergeführt, und zwar ziemlich schnell übergeführt und für andere, jüngere und lebenskräftigere Organe als wohlvorbereitete Nahrung in Anspruch genommen werden.

Schlussbetrachtungen.

Nachdem wir nun einen etwas genaueren Einblick in das Zustandekommen jener Vorgänge bekommen, welche das Verschwinden des Ruderschwanzes während der Verwandlung der Froschlarven zur Folge haben, dürfte sich jetzt wohl die Frage aufdrängen, welches denn jene vis major sein mag, welche dem Thiere die Fähigkeit ertheilt, einen verhältnissmässig mächtigen und ansehnlichen Körpertheil einfach einzuschmelzen, um von seinem Materiale zu leben und neue Organe aufzubauen.

Es versteht sich von selbst, dass positive Angaben in dieser Richtung nach dem heutigen Stande unseres Wissens und Könnens noch zu den Unmöglichkeiten gehören; wir müssen uns begnügen, zur Erklärung und zum Verständniss des empirisch Beobachteten Vermuthungen und Hypothesen aufzustellen, die im günstigen Falle ein bescheidenes Surrogat für die mangelnde Erkenntniss abzugeben im Stande sind.

Es ist ein gefährliches Gebiet, das der Vermuthung, denn der Nachweis einer einzigen unzutreffenden Beobachtung, einer missverstandenen Thatsache, vermag es, unter Umständen das ganze, künstlich aufgeführte Gebäude der Hypothese mit einem Male über den Haufen zu werfen. So gebe ich denn auch das Folgende mit aller Zurückhaltung und möchte es in diesem gleichen Sinne aufgefasst wissen, dass nämlich eine Erklärung der vorliegenden interessanten Verhältnisse in der angegebenen Weise wohl möglich ist, dass sie aber durchaus nicht nothgedrungen in dieser Weise gegeben werden muss; die endgültige Entscheidung will ich gern besseren Philosophen, als ich es bin, überlassen.

Wenden wir unser Augenmerk zunächst auf die Ursachen im Allgemeinen, deren Einwirkung das Zustandekommen von degenerativen Processen zuzuschreiben sein dürfte, so bietet sich als erster Anhaltspunkt die bekannte und oft erörterte Thatsache dar, dass der Nichtgebrauch eines Organes im Stande ist, einen Schwund, eine Verkümmerung dieses betreffenden Organes, wenn auch erst nach der Aufeinanderfolge sehr zahlreicher Generationen zu bewirken. Weismann ist es gewesen, der zuerst diesen interessanten Fragen über die Rückbildung gewisser Organe im Laufe der Stammesentwickelung ihrer Träger eine eingehende Erörterung zu Theil werden liess, und vor allem die Erklärung dafür gefunden hat[1]), warum Theile, welche überflüssig geworden sind und nicht mehr benutzt werden, nothwendig von der Höhe ihrer Entwickelung herabsinken und nach und nach verkümmern müssen (l. c. p. 15). Darin aber, dass der Organismus überhaupt die Fähigkeit besitzt, überflüssig werdende Theile rückzubilden, und neue, neuen Lebensbedingungen entsprechende an deren Stelle zu besserer Ausbildung zu bringen, darin beruht ein Fortschritt und in dieser Hinsicht ist auch der »Rückschritt überflüssig gewordener Theile Bedingung des Fortschrittes« (l. c. p. 5).

---

1) Weismann, Ueber den Rückschritt in der Natur. Berichte d. naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br. II. Bd. 1887. p. 1.

Indessen machen diese Erörterungen es uns nur erklärlich, warum irgend ein Organ, welches die Vorfahren eines Thieres infolge ihrer damaligen, den umgebenden Verhältnissen angepassten Lebensweise gebrauchten, welches aber für die jetzt lebenden Descendenten jener Thierform infolge veränderter Existenzbedingungen nicht mehr nutzbar ist, auf Grund dieses Unbrauchbarwerdens von der Höhe seiner Ausbildung herabsinkt, während ein anderes an dessen Stelle zu erhöhter Inanspruchnahme und erhöhter Vervollkommnung gelangt. Es wäre jedenfalls für das betreffende Thier kein grosser Verlust, wenn jenes Organ ihm mit einem Male ganz abhanden käme; die Gesetze der Vererbung aber lassen ein solches Verschwinden eines früher vorhandenen Körpertheiles ohne weiteres nicht zu; erst im Laufe einer langen Reihe von Generationen sinkt dasselbe von der Höhe seiner früheren Entwickelung herab, es degenerirt, und zwar deshalb, weil jeder Nachkomme das überkommene Organ, eben weil er es nicht braucht, gar nicht erst bis zu jenem Grade der Vollkommenheit heranbildet, die dasselbe bei seinem Vorfahren noch besessen. Auf diese Weise erklärt sich einmal das Vorhandensein von Organen im Thierleibe, die, soweit unsere Erkenntniss reicht, für denselben ohne Nutzen sind, und anderntheils auch der eigenthümliche Umstand, dass der Thierkörper, scheinbar ganz zwecklos, Organe anlegt, um sie dann nach längerer oder kürzerer Zeit verkümmern und zu Grunde gehen zu lassen.

Zur Erklärung der uns hier interessirenden Verhältnisse reichen aber die eben ausgesprochenen Gedanken bei weitem nicht aus, da schon die Thatsachen hier nicht unbedeutend anders liegen. Es ist schon in der Einleitung, als es sich um die Feststellung des Verbreitungsbezirkes für die Erscheinungen der physiologischen Degeneration handelte, auf den gewiss bemerkenswerthen Umstand hingewiesen worden, dass es überall die Processe der Metamorphose sind, welche in directester und innigster Beziehung zu den Reductionsvorgängen stehen. Auch unser Frosch macht eine Metamorphose durch, er lebt zu verschiedenen Perioden seines Lebens in verschiedenen Medien, unter völlig abweichenden Existenzbedingungen, die beide ihre ganz specifischen Anforderungen an seine Leistungsfähigkeit stellen, wenn anders er in ihnen die Mittel zu Unterhalt und Fortkommen finden soll. So kommt es, dass die junge Kaulquappe eine fischähnliche Gestalt, mit grossem, seitlich compressen Ruderschwanze aufweist, dass sie durch Kiemen athmet und für die Verarbeitung und Verdauung ihrer vorwiegend pflanzlichen Nahrung ein enges Maul mit scharfen, hornigen Kiefern und einen langen, spiralig aufgewundenen Darm besitzt; dass der Frosch hingegen, ein typisches Landthier, an dem kurzen, gedrungenen Leibe mit 4 kräftigen Extremitäten versehen und mit Lungen ausgestattet, einen kurzen Darm und ein zur Erhaschung rasch beweglicher, animalischer Beute geeignetes, grosses, breites Maul sein eigen nennt.

Wenn sich die Kaulquappe dann in den Frosch umwandelt, wenn sie ihre Larvenorgane aufgiebt und diejenigen des ausgebildeten Thieres dafür annimmt, so gelangt sie zweifellos zu einer höheren Entwickelung, und es behält also auch hier der Satz, dass der Rückschritt überflüssig gewordener Theile Bedingung des Fortschrittes ist, seine volle Richtigkeit; nur ist hier durchaus nicht ohne weiteres ersichtlich, warum denn die Larvenorgane, nachdem sie überflüssig geworden sind,

auch so ausserordentlich rasch, in einem kurzen Bruchtheil der Lebensdauer eines einzigen Individuums zur Rückbildung kommen, warum sie nicht, wie bei den anderen Thieren, vor der Hand bestehen bleiben und nur im Verlaufe einer ausgedehnten Folge von Generationen eine allmähliche Reduction erfahren.

Dass schliesslich bei unseren Fröschen die Veränderung und Umbildung des Darmes und die Rückbildung der Kiemen mit grösserer Schnelligkeit durchgeführt werden, das lässt sich allenfalls noch einsehen, da dieselben für sich vergrössernde bereits vorhandene Organe, oder für neu sich entwickelnde störend im Wege sein könnten; warum aber der Schwanz, dieser im Verhältniss so mächtige Körperanhang, der dem jungen Fröschchen augenscheinlich nur wenig hinderlich ist, ebenfalls mit einer so rapiden Schnelligkeit eingezogen und rückgebildet wird, darüber bekommen wir vor der Hand noch keinen Aufschluss. Bleibt ja doch auch bei den Landsalamandern und Tritonen, den nächsten Anverwandten unserer Batrachier, die fast genau die gleiche Umwandlung von Wasserthieren in Landthiere durchmachen, der Schwanz in nahezu voller Ausdehnung bestehen; und doch lässt sich andererseits auch keine Vermuthung aufstellen, die, im Gegensatz zu den Fröschen, für diesen Körperanhang bei den Salamandern eine besonders wichtige und unentbehrliche Function ausfindig machen könnte.

Es müssen jedenfalls ausserordentlich mächtige und tiefeinwirkende Triebkräfte sein, welche die so vollständige und erstaunlich rasche Resorption eines verhältnissmässig so umfangreichen Körpertheiles während der Dauer der kurzen Verwandlungsperiode zu Stande bringen können. Diese Treibkräfte liegen zweifellos in den Ernährungsverhältnissen; es ist das Verdienst Leuckart's[1]), zuerst erkannt und darauf hingewiesen zu haben, wie es gerade das Nahrungsbedürfniss ist, das für das neugeborene sowohl, wie für das erwachsene Thier vor allem formend und gestaltgebend in die Wagschale fällt, das, zum Theil wenigstens, den ganzen, eigenthümlichen Vorgang der Metamorphose unserem Verständniss näher rückt. Der Hunger ist es, der, wie so vieles andere, auch die Reduction des Schwanzes in der bekannten kurzen Zeit zu Stande bringt!

Es ist eine bekannte Thatsache, dass mangelhafte Ernährung und, in noch ausgesprochenerem Maasse völlige Nahrungsentziehung, den Organismus zwar abmagern lassen, aber nicht ohne weiteres zum Tode bringen. Denn derselbe ist im Stande, aus eigenen Mitteln eine Zeit lang weiter zu leben und das Material für alle die Ausgaben für Arbeitsleistung, als Bewegung, Empfindung etc., die unter normalen Verhältnissen durch die aufgenommene Nahrung ihre Deckung finden, aus den Ersparnissen herbeizuziehen, die er während der Zeiten günstigerer Ernährung zu machen im Stande war. Es ist bekannt, dass es vor allem der Fettkörper ist, der als Depositorium für die durch den Stoffwechsel nicht verbrauchten Nährstoffe benutzt wird und in den Fällen der Noth seinen Inhalt zuerst dem Wohle des Ganzen opfern muss.

Sind dagegen nach Entleerung des Fettgewebes noch nicht günstigere Exi-

[1]) Bergmann und Leuckart, Anatomisch-physiologische Uebersicht des Thierreichs. Stuttgart 1852. p. 645 ff.



stenzbedingungen für das betreffende Thier eingetreten, so werden auch die übrigen Gewebe mangelhaft ernährt, d. h. das zu ihrem richtigen Functioniren nöthige Material kann ihnen nicht mehr zugeführt werden, und sie sind gezwungen, den entstehenden Defect aus ihrem eigenen Besitze zu decken. Das ist aber ohne Schaden für das Ganze in grösserem Maassstabe nur bei denjenigen Organen möglich, deren Masse relativ am grössten, deren Function aber vor allem für den Organismus am leichtesten entbehrlich ist. Daraus erklärt es sich wohl, dass unter solchen Umständen zuerst die Muskulatur, nach dieser die Geschlechtsorgane und der Darmapparat Gewichtsabnahmen zeigen, während namentlich das Nervensystem, als das wichtigste Organ des gesammten Thierkörpers, am letzten und am wenigsten Einbussen aufweist.

So können wir also durch mangelhafte Ernährung bei allen Thieren eine Volumverminderung, unter Umständen auch sehr weit gehenden Schwund von Organen und Geweben hervorrufen, Zustände, die aber nach Aufhebung ihrer Ursachen, hier also nach Aufhebung der Nahrungsentziehung, binnen kurzem wieder geändert und zur Norm zurückgeführt werden.

In ganz ähnlicher Weise, wie diese auf gewaltsamem Wege künstlich erzeugten Vorgänge der Atrophie und des Schwundes von Organen, können entsprechende Zustände des Organismus auch hervorgerufen werden durch gewisse Eigenthümlichkeiten seiner Lebensweise, infolge deren er gezwungen wird, eine längere Zeit ohne Nahrung auszukommen und von seinen eigenen Vorräthen zu leben. Auf dieser Fähigkeit allein beruht die Möglichkeit eines Winterschlafes für viele Thiere, darauf beruht auch die Thatsache, dass die Frösche direct nach dem Hervorkommen aus ihren Winterquartieren, nach einer Zeit also, in der sie keine Nahrung aufnehmen konnten, fertig ausgebildete Geschlechtsstoffe zu produciren in der Lage sind, darauf beruht auch die von Miescher-Ruesch[1]) nachgewie-

---

[1]) Miescher-Ruesch, Statistische und biologische Beiträge zur Kenntniss vom Leben des Rheinlachses im süssen Wasser. Internat. Fischerei-Ausstellung zu Berlin 1880, Katalog der Schweizerischen Betheiligung p. 154. Miescher hat seine Beobachtungen allerdings nur mit Wage und blossem Auge angestellt, ohne auf Details namentlich mikroskopischer Art einzugehen. Deshalb besitzen wir leider auch keine Kenntniss von der Art und Weise, wie der Zerfall und die Reduction der Muskeln zu Stande kommt, namentlich ob hier Leukocyten mitwirken, oder nicht; entsprechend dem Umstande jedoch, dass im vorliegenden Falle keines der Organe des Thierkörpers zum Untergange eigentlich im Voraus bestimmt ist, dürfte hier eine Betheiligung, resp. ein Eingreifen der Leukocyten nicht unwahrscheinlich sein.

Neuerdings hat auch W. Newton Parker ganz ähnliche Verhältnisse bei Protopterus annectens während seines Sommerschlafes aufgefunden; namentlich ist es hier der grosse Seitenmuskel des Schwanzes, der die Nahrungsquelle für das Thier abgiebt. Sehr bemerkenswerth ist aber, dass nach Parker's Beobachtungen hier thatsächlich die Leukocyten es sind, welche den Zerfall und die Resorption der betreffenden Muskelpartien bewirken: The muscular tissue in places shows histologically all stages of retrogressive metamorphosis, and owing to this process, the leucocytes are able to absorb its broken-down remnants, which can be plainly recognized within many of the leucocytes, which simply swarm into the muscles in these regions. In some parts the muscle is completely eaten away, so that nothing but the perimysium is left.

W. Newton Parker: Preliminary note on the Anatomy and Physiology of Protopterus annectens. Nature Vol. XXXIX. 1888. No. 992.



sene, ganz analoge Fähigkeit des Rheinlachses, während seiner Aufenthaltszeit im süssen Wasser der Nahrung zu entbehren und dabei seine Geschlechtsstoffe in reichlicher Menge zur Entwickelung zu bringen; es beruhen darauf und auf ähnlichen Verhältnissen noch eine ganze Reihe anderer Thatsachen, deren Verfolgung uns aber hier zu weit führen würde.

Wenn nun eine solche natürliche Periode des Hungers zu einer Zeit auftritt, wo ein gewisses Organ des Thierkörpers seine Functionsfähigkeit aus irgend einem Grunde einbüsst, dann ist eigentlich von selbst der Ort bezeichnet, woher der Organismus in dieser Zeit der Noth die Deckung für seine unvermeidlichen Ausgaben beziehen kann; es wird ohne Zweifel das jetzt überflüssig gewordene Organ sein, welches als Nahrungsquelle zu dienen hat, indem es zunächst vielleicht nicht mehr richtig ernährt wird, dadurch im Wachsthum erst zurückbleibt, dann völlig still steht, und schliesslich bei andauerndem Hunger ganz aufgelöst und resorbirt wird: ist es doch für den Organismus am leichtesten entbehrlich.

Auf diese Art und Weise gewinnt das Larvenorgan ausser seiner nunmehr erloschenen, provisorischen, für das Thier noch eine ganz andere Bedeutung: es setzt den Organismus in die Lage, eine Zeit lang von einer Nahrungsaufnahme von aussen absehen, und ein von Ernährungsbedingungen vollkommen unabhängiges Dasein führen zu können. Daher kommt es dann aber auch, dass dieses Larvenorgan sehr rasch aufgezehrt wird, und um so gründlicher und vollständiger aufgezehrt, je länger die Hungerperiode für seinen Besitzer dauert.

Wenn nun die hier angestellten Erwägungen richtig sind, wenn es wirklich der Hunger ist, der so ausgedehnte und so rasche Rückbildung ganzer Organe des Thierkörpers hervorzurufen im Stande ist, dann wird man umgekehrt auch die Folgerung aufstellen können, dass da, wo bei einem Thiere im Laufe seiner Entwickelung Reductionserscheinungen in grösserem Maassstabe, und vor allem in grosser Intensität auftreten, der Hunger, d. h. entweder völlige Unfähigkeit zur Nahrungsaufnahme oder zum mindesten ein grösseres Nahrungsbedürfniss, als unter den jeweiligen Umständen gedeckt werden kann, als wirkende Kraft im Spiele ist. Bleiben wir zunächst bei unserem Frosche, so müsste also auch hier, bei einem, wie wir gesehen haben, so eclatanten Beispiel einer ausserordentlich rasch verlaufenden Resorption, der Hunger seine Rolle spielen. Und das ist in der That der Fall.

Bereits Barfurth hat in einer kurzen Mittheilung[1]) im Anschluss an seine im Vorhergehenden oft citirte Arbeit dem Hunger bei der Verwandlung der Froschlarven eine nicht unbedeutende Rolle zugeschrieben und, vor allem auf Grund des aufgestellten Satzes, dass er »die letzten Stadien der Verwandlung der Froschlarven abkürzen« soll, den Hunger als »förderndes Princip in der Natur« bezeichnet. Dieser Satz in seiner dergestaltigen einfachen Fassung hat allerdings ganz entschieden seine Richtigkeit: der Hunger und die Liebe, das ist ein altes bekanntes Wort, sind die mächtigsten Triebfedern, also fördernden Princi-

---

[1]) Barfurth, Der Hunger als förderndes Princip in der Natur. Arch. f. mikr. Anat. XXIX. 1887. p. 28.



pien, in der gesammten belebten Schöpfung; in dem von Barfurth angewendeten Sinne aber ist der Satz nicht richtig, wie wir gleich sehen werden.

Der Hunger soll bei der Verwandlung fördernd wirken, d. h. die Resorption des Schwanzes beschleunigen, das wird behauptet auf Grund einiger Versuchsreihen [1]), aus denen sich ergab, dass von gefütterten Thieren in derselben Zeit und unter sonst gleichen Verhältnissen meist einige weniger zur vollständigen Verwandlung kamen, als von denjenigen, die er hatte hungern lassen. Der grösseren Klarheit halber will ich übrigens hier bemerken, dass ich die Verwandlung erst dann als fertig und abgeschlossen ansehe, wenn der Schwanz völlig verschwunden und die inneren Organe des ausgebildeten Frosches zum Ausbau gelangt sind. Bei Barfurth findet sich über diesen Punkt keine genaue Angabe; es macht jedoch einmal den Eindruck, als ob er bereits mit dem Durchbruch der vorderen Extremitäten die Verwandlung als abgeschlossen betrachtet [2]). Wenn in dem Folgenden von Verwandlung die Rede ist, so beziehen sich die betreffenden Angaben immer auf eine solche, die mit der beendeten Resorption des Schwanzes ihren Abschluss findet.

Unter Bezugnahme auf Marie v. Chauvin's Beobachtung, dass die Urodelen während der Metamorphose normalerweise fasten, glaubt Barfurth auch bei seinen Versuchsthieren die Bemerkung gemacht zu haben, dass dieselben namentlich nach vollständiger Entwickelung der Hinterglieder weniger fressen, als vorher, und glaubt demnach durch seine Versuche »den natürlichen Vorgang nur gesteigert und seinen tieferen Sinn aufgedeckt zu haben«.

Ich meinerseits glaube nun die Beobachtung gemacht zu haben, dass der thatsächlich »natürliche Vorgang« gar keiner Steigerung fähig ist, und dass alle unsere jungen Frösche, genau wie die Urodelen nach M. v. Chauvin's Beobachtung, während der Verwandlung fasten, und zwar sehr nothgedrungener Weise fasten müssen. Denn unser Frosch **kann** während seiner Verwandlungszeit gar nicht fressen, er ist infolge seines ureigenen Entwickelungsweges gezwungen, während dieser Zeit zu hungern, genau aus demselben Grunde, wie er für eine Schmetterlings- oder Fliegenpuppe maassgebend und hier allgemeiner bekannt ist.

Die zur Verwandlung sich anschickende Raupe entleert ihren Darm vorher vollständig, sie begiebt sich ohne jede Nahrung in ihr Ruhestadium, hat sie doch während des Larvenlebens Vorräthe genug eingeheimst und in ihrem Fettkörper

---

[1]) Barfurth, Versuche über die Verwandlung der Froschlarven. Arch. f. mikr. Anat. XXIX. 1887. p. 1.

[2]) »Aus diesen Beobachtungen folgt, dass die Glieder schon einige Zeit vollständig fertig sind, ehe sie die bedeckende Haut durchbrechen können. Dieser Durchbruch kann um so eher erfolgen, je schneller die Haut dünn wird und ihre Widerstandskraft verliert. Letzteres geschieht nun dadurch, dass die Elemente der Cutis resorbirt werden, und weil diese Resorption bei fastenden Thieren naturgemäss schneller vor sich geht, so ist der Hunger die Ursache, dass die letzten Stadien der Verwandlung abgekürzt werden.« (Der Hunger als förderndes Princip etc. p. 29.)

Sollen also hier die letzten Stadien, d. i. das Ende der Verwandlung, mit dem Durchbruch der Vorderbeine zusammenfallen?

deponirt, von denen sie die ohnehin minimalen Ausgaben des Puppenhaushaltes bestreiten kann. Denn sie ist jetzt nicht nur bestrebt, die Organe des definitiven Thieres, vor allem die Geschlechtsorgane auszubilden und in functionsfähigen Stand zu setzen, es müssen auch eine ganze Anzahl von Organen und Apparaten, die sie bis jetzt ihrer Lebensweise entsprechend sehr gut verwerthen konnte, in eine andere, abweichende Form gebracht werden, damit sie unter den neuen Existenzbedingungen, unter denen der Schmetterling sein Dasein fristet, functioniren können.

Sehen wir hierbei jetzt vollständig ab von Gefässsystem, Nerven, Muskulatur etc. und behalten nur den Verdauungstractus im Auge, der, bei der Larve den bei weitem grössten Raum im Körper einnehmend und auf Verarbeitung einer grossen und schweren Menge Nahrungsmateriales mit viel Rückstandstoffen eingerichtet, für den nur wenige und flüssige Nahrung geniessenden Schmetterling hingegen einen ganz anderen Bau aufweisen muss. Es sind trotz ihrer Unscheinbarkeit und trotz des kurzen Zeitraumes, während dessen sie sich abspielen, zum Theil ausserordentlich tiefgreifende und gewaltige Aenderungen, die zu diesem Wechsel der Function nothwendig sind, Aenderungen, die unmöglich stattfinden könnten, müsste das betreffende Organ seine Function weiter versehen, ebensowenig, wie eine Maschine weiter arbeiten kann, während ein Umbau oder sonstige Veränderungen an ihr vorgenommen werden sollen. Hierzu ist unter allen Umständen eine Ruhepause erforderlich, während welcher sämmtliche Arbeitslasten dem betreffenden Organe abgenommen und einem anderen übertragen werden, das günstigere Verhältnisse für sich aufzuweisen vermag. So kommt es, dass die Schmetterlingsraupe, ehe sie sich zur Verpuppung einspinnt, nicht nur einige Tage vorher völlig fastet, sondern auch bestrebt ist, die letzten Ueberreste der früher genossenen Nahrung aus dem Körper zu entfernen, damit dieselben auf den Umbau des Darmapparates nicht störend und hemmend einzuwirken im Stande sind.

Nicht im Geringsten anders liegen nun die Verhältnisse bei unserem jungen Frosche. Zwar schliesst sich bei ihm die Mundöffnung nicht während der Verwandlungszeit, wie bei der Schmetterlingspuppe, — sie hat ja nicht nur den Verkehr mit dem Verdauungsapparat, sondern vor allem auch die Communication der Athmungsorgane mit der Aussenwelt zu vermitteln — wohl aber muss auch bei ihm der Darm während dieser Zeit völlig seiner Function enthoben sein. Denn während der Verwandlung ist bereits die Mundöffnung einerseits weder im Stande, die Nahrung aufzunehmen, welche die Kaulquappe genoss: denn durch die Entwickelung der knöchernen Kieferbogen des ausgebildeten Frosches sind die Bewegungsmuskeln der hornigen Larvenkiefer ausser Thätigkeit gesetzt worden, diese selbst aber sitzen nur noch ziemlich lose den Mundrändern auf und vermögen nicht mehr an festen Gegenständen zu nagen; noch ist sie andererseits in der Lage, die Nahrung des erwachsenen Frosches zu erbeuten und festzuhalten: Was also sollte der junge Frosch in dieser Zeit geniessen?

Weiterhin gilt aber auch für den Darm und seine Umformung genau das, was oben bereits für die Schmetterlingspuppe gesagt worden ist. Der einfach

gebaute, aber sehr lange Darm der Larve wird in den kurzen, aber complicirt zusammengesetzten, mit mannigfachen Nebenapparaten ausgerüsteten Darm des Frosches umgewandelt, er ist während der dazu nöthigen Zeit nicht im Stande, Nahrung aufzunehmen, überhaupt zu functioniren.

Dass nun die Verhältnisse in der That so, wie eben geschildert, liegen, das wird wahrscheinlich gemacht dadurch, dass ich mich, trotzdem die von mir benutzten Larven alle reichlich mit Futter versehen wurden, niemals davon überzeugen konnte, ob wirklich auch die in der Verwandlung begriffenen Larven Nahrung zu sich nahmen; ich erwähnte bereits früher, dass man sie vielmehr regelmässig an der Oberfläche des Wassers auf Gegenständen aller Art ruhend und den Kopf aus dem Wasser emporhebend findet, während die jüngeren, noch weiter vor der Verwandlung stehenden Larven mit Vorliebe in der Umgebung der Futterstellen angetroffen wurden. Die oben aufgestellte Behauptung wird aber bewiesen dadurch, dass ich auf Schnitten durch weiter verwandelte, junge Frösche und Kröten, die in mit Nahrung reichlich versehenen Aquarien gehalten wurden, im Darm niemals frisch aufgenommene Nahrung, sondern nur im hintersten Theile ausser fast immer vorhandenen parasitischen Protozoen verschiedentlich unbedeutende Reste früher genossener Speise auffinden konnte; der Darm von Beginn des Oesophagus bis zu seiner Erweiterung in das Rectum war aber stets und ausnahmslos leer.

Der Frosch ist also während seiner Verwandlungszeit, genau wie der Schmetterling in der Puppe, zur Bestreitung seiner Ausgaben während dieser Periode lediglich angewiesen auf den Vorrath von Nahrungsmaterial, den er während der Larvenzeit gesammelt; es ist völlig gleichgültig, ob man ihm während der Verwandlung Nahrung reicht oder nicht; fressen kann er dieselbe doch nicht, ebensowenig, wie die Schmetterlingspuppe feste Stoffe von aussen aufzunehmen im Stande ist. In dieser Hinsicht also lässt sich die Entwickelungsperiode des Frosches von der Zeit des Durchbruches der vorderen Extremitäten bis nach vollendeter Resorption des Schwanzes vollkommen als analog betrachten dem Puppenstadium der Insecten mit vollkommener Verwandlung; dass der Frosch dabei frei beweglich bleibt, jene aber nicht, hat in anderen Verhältnissen seinen Grund und ist hier belanglos. Auch macht der junge Frosch, soweit meine Beobachtungen reichen, von dieser seiner Beweglichkeit während der Verwandlung nur wenig, freiwillig fast keinen Gebrauch; es ist von Barfurth [1]) richtig beobachtet, freilich unbegründet gelassen worden, dass Ruhe die letzten Stadien der Verwandlung abkürzt. Denn je weniger er sich bewegt, desto weniger braucht er Ausgaben für Bewegungsleistungen zu machen, desto unbehelligter und ungestörter können aber vor allen Dingen die inneren Veränderungen vollzogen werden. Namentlich dieser letztere Grund scheint mir für die Beurtheilung der in Rede stehenden Verhältnisse sehr maassgebend zu sein und zugleich eine neue Analogie mit dem ruhenden Puppenstadium vieler Insecten in sich zu schliessen.

So dürfte denn der Hunger in dem Sinne, wie es Barfurth aufgefasst hat,

[1]) Barfurth, Versuche über die etc. p. 19.

seine Bedeutung als förderndes Princip in der Natur wohl kaum länger behalten können, wie denn meiner Meinung nach überhaupt künstliche Nahrungsentziehung ebensowenig wie natürlicher Hunger jemals eine fördernde Wirkung irgend welcher Art auf einen Organismus auszuüben im Stande sein werden. Schliesslich ist aber auch in unserem Falle, wie wir gleich sehen werden, nicht eigentlich der Hunger das fördernde Princip, sondern vielmehr die dem Organismus infolge gewisser Verhältnisse eigene Fähigkeit, jenen Hunger auf einige Zeit ertragen, d. h. ohne Aufnahme neuer Nahrung eine Zeit lang existiren zu können, welche der betreffenden Thierart die Möglichkeit einer weiteren, höheren Entwickelung an die Hand giebt.

Es hat die Entwickelung durch Metamorphose einen eigenthümlichen und stark ausgeprägten Charakter an sich, der bei allen anderen Thieren bei weitem weniger in die Erscheinung tritt, und das ist die Thatsache, dass diese Entwickelung mit Metamorphose etwas Indirectes, Sprungweises an sich hat. Dass auch sie auf einer Recapitulation der phylogenetischen Entwickelung beruht, wie bei allen anderen Thieren, kann wohl keinem Zweifel unterliegen; während aber bei diesen letzteren die phylogenetisch älteren Stadien zum grossen Theile in das Embryonalleben verlegt sind und während hier Charaktere und Organe, die für die Gegenwart ihre Bedeutung verloren, zwar noch angelegt, aber niemals zu grösserer Entwickelung gebracht werden, verhält sich dies bei Thieren mit Entwickelung durch Metamorphose etwas anders. Hier ist die Wiederholung der Stammesentwickelung zum guten Theile in das freie Leben zurückverlegt, und ein gewisses Stadium derselben gewinnt eine erhöhte Bedeutung dadurch, dass es einen bis zu einem gewissen Grade selbstständigen und ausgewachsenen Organismus darstellt, der nur noch nicht fortpflanzungsfähig ist und, ehe er zur Geschlechtsreife gelangen kann, gewöhnlich erst die Charaktere des erwachsenen Thieres annehmen muss. Ich sage gewöhnlich, denn wir kennen einzelne Thierformen, die trotz der Beibehaltung der äusseren Larvengestalt zur Geschlechtsreife kommen und entwickelungsfähige Eier legen; der Umstand, dass einzelne andere, nahe verwandte Thiere ihre Larvengestalt länger als gewöhnlich beibehalten, ohne allerdings zur Geschlechtsreife zu gelangen (Pelobates, und wahrscheinlich auch Rana esculenta), ist ein Factum, welches augenscheinlich einen directen Uebergang zu jenem darstellt: ganze oder theilweise Rückschläge nach phylogenetisch älteren Zuständen.

Worin diese eigenthümliche Verschiedenheit in der Entwickelung oft nahe verwandter Formen begründet liegt, darüber haben wir durch Leuckart's[1]) Ideen einen Fingerzeig erhalten: es hängen dieselben zusammen mit der Erhaltung der Art, die oft die Production einer grossen Zahl von Nachkommen oder wenigstens Keimen zu solchen fordert. Denn jede Form, die eine gewisse Ahnenreihe besitzt, die eine mehr oder weniger bedeutende, wenn auch abgekürzte Metamorphose bis zu ihrer Geburt durchzumachen hat, braucht dazu auch ein

[1]) Bergmann und Leuckart, l. c. p. 647.

gewisses Material, ein Substrat, an dem die Entwickelungsvorgänge sich abspielen können; und zwar um so mehr Material, je länger die Ahnenreihe, resp. je differenter die gegenwärtige Form von der Urform ist, und je complicirter infolge dessen die Metamorphose im Eie bis zum Eintritt ins freie Leben sich gestaltet. Dadurch wird nun auf der einen Seite für die Entwickelung im Eie eine mit der höheren Stufe der Organisation wachsende Zeit erfordert, es werden vor allem aber auch an die Leistungsfähigkeit der Mutter bedeutende Ansprüche gestellt, die für jeden einzelnen ihrer Nachkommen, wenn anders die Jungen ihre ganze Stammesentwickelung während des Embryonallebens wiederholen und als der Mutter bereits ähnliche Formen geboren werden sollen, eine ganze Summe Material zur Verfügung stellen muss.

Unter solchen Umständen aber ist sie nicht im Stande, eine relativ grosse Anzahl von Nachkommen zu erzeugen, ein Verhältniss, welches dadurch, dass bei ungünstigen Bedingungen für die Weiterentwickelung der jungen Brut leicht die Erhaltung der Art aufs Spiel gesetzt werden kann, einen nicht unbedenklichen Missstand in sich schliesst. Bei dieser Lage der Dinge kann nun die Natur sich helfen und zu phylogenetisch älteren Zuständen zurückgreifen: die Mutter formt dann aus dem Materiale, das sie zu erübrigen im Stande ist, nicht eine nur geringe Zahl von Eiern und bringt die daraus entstehenden Nachkommen zu einer höheren Stufe der individuellen Entwickelung, sondern eine grosse Zahl von Eiern, stattet aber diese jetzt naturgemäss nur mit einem Bruchtheile desjenigen Nahrungs- und Baumateriales aus, das sie sonst einem einzigen Eie mitgegeben haben würde. Die Jungen werden nunmehr nach Verbrauch des ihnen mitgegebenen Dotterquantums auf einem relativ sehr einfachen Stadium geboren, einem Stadium, das seiner Form und Ausstattung nach einem Gliede aus der Reihe der Vorfahren der Mutter entspricht.

Dieses Junge, diese Larve, hat vor der Hand keinen anderen Zweck, als das fehlende Material für ihre eigene Weiterentwickelung herbeizuschaffen; sie wächst dabei selbst mehr oder minder und legt Reservestoffe an, die, wenn sie eine gewisse Höhe erreicht haben, ihr für eine Zeit lang ein von Ernährungsverhältnissen freies Dasein sichern, jenen Verhältnissen, die ja für ihren ganzen bisherigen Lebensgang das richtunggebende Princip waren. Das Vorhandensein von Nahrungsmaterial setzt sie jetzt in den Stand, eine Form anzunehmen, die unter Umständen von der bisherigen sehr weit verschieden sein und völlig anderen Existenzbedingungen entsprechen kann: die Geschlechtsform.

Ob nun das erwähnte Reservematerial angelegt wird als todtes Capital in Form eines Fettkörpers, oder als ein für die bisherige Lebensweise und die Herbeischaffung der Nahrung förderliches, ja fast unentbehrliches Organ, das scheint mir von den Existenzbedingungen der Larven abzuhängen und für die Beurtheilung des Ganzen kaum von principieller Bedeutung zu sein.

Für das Verständniss der Metamorphose selbst und ihrer graduellen Verschiedenheiten kommt aber hier noch ein anderes Moment in Betracht. Dadurch, dass jene Larvenformen von dem aufgesammelten Reservemateriale eine Zeit lang mehr oder minder unabhängig wurden von den Bedingungen, die eine jede Um-



gebung dem Thiere vor allem für die Herbeischaffung seiner Nahrung bietet, waren die Vorfahren dieser Thierarten in den Stand gesetzt, eine Anpassung an neue, veränderte Verhältnisse mit grösserer Ruhe, anderntheils aber auch eine längere Zeit erfordernde Anpassung an sehr veränderte, von den bisher obwaltenden Verhältnissen weit verschiedene Existenzbedingungen vollziehen zu können. Daher mag es auch wohl kommen, dass bei denjenigen Ordnungen, bei denen die Veränderung im Laufe der Entwickelung zum Geschlechtsthiere eine relativ nur geringe ist, auch die Ernährungsbedingungen und die Nahrung selbst während der ganzen Lebensdauer ungefähr die gleichen bleiben; dass hingegen da, wo die Beschaffenheit der Nahrung für die Larve einerseits und das erwachsene Thier andererseits eine völlig andere ist, auch die Differenzen in der äusseren Erscheinung und Ausrüstung beider Zustände sehr ausgesprochen hervortreten.

Betrachten wir nun von dem eben berührten Gesichtspunkte aus unsere heutigen Frösche, so dürften also deren Vorfahren, die damals möglicherweise von salamanderähnlicher Gestalt waren, zu einer gewissen Zeit in die Nothwendigkeit versetzt worden sein, eine andere Nahrung, und zu deren Beschaffung naturgemäss auch eine andere, entsprechende Lebensweise anzunehmen, d. h. sie wurden also auf das trockene Land versetzt und gezwungen, dort ihre Nahrung und ihr Fortkommen zu finden. Möglich nun, dass durch die so entstehenden Verhältnisse, indem nämlich der Darm in seiner bisherigen Ausbildung noch nicht im Stande war, die neue Nahrung in der rechten Weise auszunutzen, und dies in einer Zeit, wo behufs Ausbildung der Bewegungsorgane für den neuen Aufenthaltsort, der Glieder, namentlich der Hinterglieder neue, gesteigerte Anforderungen an den Organismus gestellt wurden, die Erhaltung des Individuums und der ganzen Art nur gesichert wurde dadurch, dass von dem jetzt doch unbrauchbar gewordenen Schwanze Material eingezogen und zur Ernährung der anderen, nothwendigeren Organe verwendet wurde.

Für den Fall, dass die Stammesentwickelung unserer gegenwärtig lebenden Batrachier in der soeben kurz skizzirten Art und Weise verlaufen ist, haben wir dann in der individuellen, der ontogenetischen Entwickelung derselben ein getreues Abbild der phylogenetischen vor uns; wir haben aber hier keine abgekürzte, sondern eine ziemlich ausführliche Wiederholung der Stammesentwickelung deshalb, weil infolge der mannigfachen, der Brut während ihres Wachsthums drohenden Gefahren die Mutter jedesmal gezwungen ist, zum Zwecke der Erhaltung der Art eine möglichst grosse Menge von Eiern zu produciren. Diese Eier können naturgemäss nur wenig Zehrung mit auf den Weg bekommen, die Jungen müssen zeitig lernen, sich selbst zu erwerben und zu verdienen, und erst dann, wenn sie genügend zurückgelegt haben, vermögen sie die definitive Gestalt anzunehmen.

Lassen wir nun hierbei die ungünstigen Bedingungen für die Weiterentwickelung der jungen Brut hinwegfallen, dann wäre auch die Mutter der Verpflichtung für Production einer grossen Zahl von Eiern enthoben, sie könnte ihre wenigen Eier dafür genügend versorgen und ausstatten; die Nachkommen aber,

nicht mehr in die Lage versetzt, selbst verdienen zu müssen, könnten ihre ganze Stammesentwickelung im Eie durchmachen und als den Eltern bereits ähnliche Organismen zur Welt kommen: die freie Metamorphose wäre in abgekürzter Form in das Embryonalleben verlegt, wie bei den übrigen Thieren auch.

Dass dies in der That sich so verhält, dafür bietet sich, nächst der bekannten, eigenthümlichen Pipa, als willkommenes Beispiel die erst seit kurzem nothdürftig bekannt gewordene Entwickelungsgeschichte des Antillenfrosches (Hylodes martinicensis) dar, eines Laubfrosches, der bereits als vierbeiniges, mit Lungen ausgestattetes Fröschchen das Ei verlässt, indess nur ein kurzes Stummelschwänzchen auf die Existenz des in der Geschichte seiner Ahnen eine so bedeutsame Rolle spielenden Ruderschwanzes hinweist. Auch dieses Schwänzchen aber, ein jetzt völlig nutzlos gewordenes Erbtheil von Seiten der Vorfahren, ist nicht von langer Dauer und geht nach höchstens einem Tage spurlos verloren. Leider wissen wir über die Lebensweise dieses Frosches sehr wenig nur; so viel aber ist sicher und bekannt, dass die Eier eine verhältnissmässig bedeutende Grösse besitzen, dafür aber von der Mutter auch nur in der Zahl von 20—30 abgelegt werden.

Dass es in der That der Wechsel in der Ernährungsweise ist, welcher bei den Vorfahren unserer Frösche die Verwandlung in der angegebenen Weise beeinflusste, dürfte auch ein Vergleich mit ihren nächsten Verwandten, den Tritonen und Landsalamandern lehren. Auch diese leben in ihrer Jugend als fischähnliche Thiere im Wasser und athmen durch Kiemen, auch sie bekommen später Beine und gehen zum Landaufenthalt und zur Luftathmung über, aber sie behalten während des ganzen Lebens ihre frühere Gestalt fast unverändert bei; und zwar deshalb, weil augenscheinlich ihre Nahrung im ausgebildeten Zustande nahezu die gleiche bleibt, wie in der Jugend. Es werden an eine weitere Umbildung des Körpers und seiner Organe zum Zwecke der Nahrungsaufnahme und Verarbeitung keine Anforderungen gestellt: die Metamorphose ist in der Hauptsache mit Reduction der Kiemen und Ausbildung der Beine vollendet.

Ganz anders die Frösche, die zu den genannten Aenderungen auch einen complicirten Umbau des Darmapparates vollziehen müssen und zur Entwickelung ihrer bedeutend vergrösserten und leistungsfähigeren Beine entsprechende Neubildungen des Skelettes nöthig haben. Während dieser Neu- und Umbildungen cessirt die Thätigkeit der betreffenden Organe; der ganze innere Process der Verwandlung ist hier ein so tief greifender, fast den ganzen Organismus in Mitleidenschaft ziehender, dass nothgedrungener Weise während der Zeit der Verwandlung eine andere Ernährungsweise des Thieres als die mit Hülfe des functionsunfähigen Darmes geschaffen werden muss.

In dieser Beziehung verhalten sich unsere Frösche zu den Salamandern genau etwa wie eine Fliege zu einer Heuschrecke, wie die Insecten mit vollkommener Metamorphose zu denen mit unvollkommener. Die Salamander besitzen eine unvollkommene Metamorphose, es geht die Larve ganz allmählich, ohne sichtbaren Sprung in die Geschlechtsform über, die Veränderungen sind nicht sehr gross und vollziehen sich allmählich. Die Frösche dagegen besitzen eine vollkommene Metamorphose, die Unterschiede zwischen Larve und Geschlechtsthier sind so bedeu-

tend, dass langwierige und tiefgreifende innere Umwälzungen erst die Verwandlung vermitteln können, während welcher das Thier von den Aussendingen so unabhängig wie möglich gestellt sein muss.

Dass bei dieser Verwandlung die Reduction des Schwanzes nicht von vorn herein mit inbegriffen gewesen ist, sondern dass sie erst eine infolge der eingetretenen Metamorphose hervorgerufene, durch dieselbe benöthigte Erscheinung ist, dafür dürfte der früher namhaft gemachte Umstand sprechen, dass der Schwanz auch nach bereits eingeleiteter Degeneration noch eine ausgesprochene Tendenz zu fortschreitendem Wachsthum, zu fortschreitender Entwickelung zeigt, indem eine grosse Zahl seiner Elemente noch weiter wächst und sich vermehrt, während andere, dicht daneben liegende, bereits zerfallen und verschwinden und mit ihrem Materiale vielleicht ihre kräftigeren Nachbarn am Leben erhalten.

Indem aber unter den obwaltenden ungünstigen Ernährungsverhältnissen, wie wir sie oben angenommen hatten (infolge der den neuen Existenzbedingungen noch nicht angepassten Construction des Bewegungs- und Verdauungsapparates), der Schwerpunkt des Gebrauches auf die Extremitäten, unter gleichzeitiger Entlastung des Schwanzes, verlegt wurde, mussten vor allem auch die Verhältnisse der Blutcirculation dieser veränderten Lage der Dinge angepasst werden, d. h. der Hauptstrom des Blutes wurde jetzt nach den kräftig sich entwickelnden Beinen geleitet, während dem nicht mehr nutzbaren und deshalb entbehrlichen Schwanze das gleiche Quantum entzogen wurde. Dadurch wurden in diesem wiederum mangelnde Ernährung, Abschwächung, und schliesslich zuerst theilweise, später immer ausgebreitetere Resorption von Geweben veranlasst, Verhältnisse, die endlich, bei längerer Dauer des Nahrungsmangels, zur völligen Reduction des Schwanzes führen konnten.

Aus ganz den gleichen Ursachen und auf ganz die entsprechende Art und Weise dürfte sich wohl auch heute noch die Rückbildung des Schwanzes bei der Verwandlung des Einzelindividuums vollziehen. Der Frosch ist während des Umbaues seines Darmapparates ausser Stande, Nahrung zu sich zu nehmen, und das noch dazu zu einer Zeit, wo die kräftig wachsenden, und zur Bewegung und Nahrungsaufnahme unentbehrlichen Hinterbeine bedeutendes Bau- und Nahrungsmaterial für sich verlangen. Der Hauptblutstrom lenkt sich nach jenen Extremitäten hin und wird in gleichem Maasse dem überflüssig gewordenen, nicht mehr functionirenden Schwanze entzogen. Das macht sich zunächst und vorzugsweise in jenen Theilen der Blutbahnen geltend, welche am weitesten vom Herzen entfernt liegen, also an den Capillaren der Schwanzspitze. Hier treten zuerst Circulationsstörungen auf, die in dem Zusammenfallen nicht mehr stark genug durchströmter Gefässe, also Ausschaltung derselben aus dem Strome sich geltend machen, welche letztere wiederum Stauungen in den Nachbar- und Anschlussbahnen mit mehr oder minder ausgedehnter Extravasation der rothen Blutzellen zur Folge haben.

Durch die erwähnten Störungen und gänzlichen Hemmungen des Kreislaufes bedingt, treten natürlich auch Unregelmässigkeiten in der Ernährung der anliegenden Gewebspartien auf, dieselben werden bald nicht mehr im Stande sein,



normal zu functioniren, sie werden mit der Zeit immer mehr abgeschwächt, und es bedarf zuletzt wahrscheinlich nur noch eines ganz geringen Anstosses von innen heraus, um die betreffenden Gewebselemente ganz zum Zerfall zu bringen. Schon ehe der gänzliche Zerfall eintritt, haben gewöhnlich diejenigen Kräfte, welche bis jetzt formend und gestaltgebend auf die Zelle und ihre chemischen und physikalischen Bestandtheile eingewirkt, infolge des mangelnden Stoffwechsels ihre Function eingestellt: die vorher in ganz besonderer Weise angeordneten und structurirten, protoplasmatischen Componenten der lebendigen Zelle und des lebendigen Kernes ziehen sich auf Grund des Nachlassens der richtenden Kräfte allmählich zusammen, sie runden sich zu einer oder mehreren Kugeln ab und gehen zuletzt in der umgebenden Flüssigkeit in Lösung, die sie ohne Zweifel dem Blute, und dieses den anderen, unentbehrlichen Organen des Körpers zuführt und sie auf diese Weise von dem Materiale des Schwanzes ernährt.

Da aber das Protoplasma jeder Zelle, infolge der ganz specifischen Function der letzteren im Thierkörper, eine etwas abweichende Zusammensetzung von dem irgend einer anderen Zelle, oder auch von dem einer indifferenten, embryonalen Zelle aufweisen muss, so wäre es jedenfalls nicht undenkbar, dass bei der Auflösung des Zellprotoplasmas gewisse Producte, die ihre Anwesenheit und ihre Entstehung der besonderen, specifischen Function der Zelle verdanken, nicht mit gelöst werden könnten, sondern in Form unlöslicher Rückstände ausgeschieden würden und zurückblieben. Es scheint mir auf diese Weise am wahrscheinlichsten die Anwesenheit des so allgemein bei der Auflösung der Gewebe sich abscheidenden Pigmentes erklärt werden zu können, dessen ganze Bedeutung für den Organismus noch bei weitem nicht völlig klargestellt und erkannt ist.

Denn dass dessen farbegebende Eigenschaft allein es sein soll, welcher es sein Vorhandensein verdankt, dürfte schon infolge seines Auftretens an Orten im Inneren des Thierkörpers höchst zweifelhaft erscheinen, zu denen während des Lebens niemals ein Lichtstrahl hinabdringt. Andererseits würde sich aber aus der fast völlig fehlenden Bildung von Pigment bei der Reduction der Muskeln schliessen lassen, dass in diesen das constituirende Protoplasma am meisten seine indifferente Beschaffenheit beibehalten hat, dass es bei der Auflösung am vollständigsten aufgeht und als Nahrung den wenigsten Rückstand hinterlässt, Schlüsse, die unseren sonstigen Erfahrungen über den Nährwerth der Muskeln durchaus nicht widersprechen.

Wenn ich übrigens die Bedeutung des im Verlaufe des Zerfalles der Gewebe gebildeten Pigmentes in der angegebenen Art und Weise als wahrscheinlich hinstelle, so will ich dabei durchaus nicht etwa allem Pigmente des Thierkörpers eine solche Bedeutung zugeschrieben haben; eher glaube ich, dass dieselbe auch mit dem hier Angeführten noch nicht erschöpft ist.

Wenn wir also annehmen, dass, wie es oben bereits berührt wurde, der Schwanz nicht ursprünglich die Tendenz zur Atrophie in sich trägt, dass er vielmehr weiter zu wachsen bestrebt ist, obgleich er seine Function in der Hauptsache eingebüsst und dieselbe an die Hinterbeine abgetreten hat, und wenn wir weiter hier zurechnen, dass infolge der inneren Veränderungen das Thier zu

hungern gezwungen ist, so lässt sich ganz gut denken, dass nunmehr im Organismus zwischen Schwanz und Extremitäten ein gewisser Kampf um die Oberhand stattfindet: Die Beine behalten schliesslich den Sieg, aber der Widerstand des Schwanzes wird nur allmählich gebrochen. So könnte auch etwas Licht auf die mehrfach betonte Thatsache geworfen werden, dass die Resorption des Schwanzes allmählich eintritt, und mit ihrem weiteren Fortschreiten zugleich an Geschwindigkeit zunimmt: der ursprünglich noch kräftige Widerstand der Elemente des Schwanzes wird nach und nach geringer, matter, und die auflösenden Kräfte bekommen bei der Resorption immer leichteres Spiel.

Halten wir dies fest, so erklärt sich weiter auch das mehrfach vermuthete, schubweise Auftreten des Zerfalles: es muss zuerst der innere Hunger aller Gewebe und Organe eine gewisse Höhe erreicht haben, ehe er die noch lebenskräftigen, freilich infolge der reducirten Blutzufuhr matt gewordenen Elemente überwindet und zum Zerfall bringt; ist dies geschehen, dann tritt eine Pause ein, die Gewebe nehmen das Material der zerfallenen Gewebstheile auf. Ist dasselbe dann ganz aufgebraucht, so erhebt sich erneuter Mangel von Nahrungsstoffen, es tritt neue gegenseitige Spannung ein, die schliesslich, wie früher, mit der Auflösung einer grösseren oder geringeren Anzahl von histologischen Elementen endigt.

Gesetzt nun, die inneren Vorgänge bei der Rückbildung des Froschlarvenschwanzes verhalten sich in der That, wie hier in aller Kürze angedeutet, dann scheint mir auch die von vorn herein gewiss auffällige Thatsache der fast absoluten Nichtbetheiligung der Leukocyten an dem Zerfallsprocesse ihre Erklärung finden zu können. Die Leibes- und Blutflüssigkeit des Thierkörpers, aus der die sämmtlichen, sich ernährenden und wachsenden Organe ihre Bedürfnisse aufnehmen, wird infolge der eingestellten Nahrungsaufnahme von aussen arm an gelösten, protoplasmatischen Nährstoffen. Dieser Mangel aber kann nunmehr aus dem von den Zellen des gerade zur rechten Zeit überflüssig und entbehrlich werdenden Schwanzes herstammenden Materiale zur Genüge gedeckt werden und zwar einfach durch Auflösung des letzteren in der Flüssigkeit. Ich wüsste wenigstens keinen Grund anzugeben, warum diese Bestandtheile des eigenen Körpers erst einer Aufnahme und »Verdauung« durch Leukocyten unterworfen werden müssten, um brauchbares Nahrungsmaterial für denselben Organismus zu liefern: Die Beobachtungen sprechen übereinstimmend dafür, dass eine solche Aufnahme und Verdauung in der Regel nicht stattfindet.

Anders gestalten sich freilich die Verhältnisse bei den als unlöslich ausgeschiedenen Rückständen: von diesen ist es ganz gut denkbar, dass sie als Fremdkörper im Organismus wirken, und dass infolge dessen zu ihrer Fortschaffung und eventuellen weiteren Verwerthung die Hülfe der Leuko- oder Phagocyten in Anspruch genommen werden muss.

Dass es gerade der Schwanz ist, der mit seinem Materiale während der Periode des Nahrungsmangels zur Deckung der Bedürfnisse herbeigezogen wird, das kann kaum Wunder nehmen, wenn man bedenkt, dass durch die beiden, oben betonten Factoren, das Unbrauchbarwerden desselben zu einer Zeit, wo

von aussen keine Nahrung aufgenommen werden kann, und die zu Gunsten der Hinterextremitäten verminderte Blutzufuhr nach dem Schwanze, eigentlich von selbst die Quelle bezeichnet ist, aus der neues Material zur Stillung der immer ausgedehnter werdenden Bedürfnisse herbeigezogen werden kann.

Namentlich der zuletzt angezogene Factor scheint mir von einiger Wichtigkeit zu sein, wenn es sich darum handelt, über die gegenseitigen Beziehungen der bei den Wirbellosen und den Fröschen während der Verwandlung so principiell verschieden verlaufenden Processe des Gewebezerfalles einigen Aufschluss zu gewinnen. Dadurch, dass die zu Anfang der Reductionsperiode noch völlig ihre vitale Energie besitzenden Elemente des Schwanzes infolge der verminderten Blutzufuhr von selbst abgeschwächt und matt werden, fallen sie am ersten und leichtesten von allen Geweben des Körpers den lösenden und aufsaugenden Wirkungen der Körperflüssigkeit zum Opfer, einer Wirkung, die aber aller Wahrscheinlichkeit nach auf sämmtliche Organe und Gewebe des Körpers, in denen das nahrungsstoffarme Blut circulirt, in gleicher Weise sich geltend macht. Die Elemente des Schwanzes sind auf diese Weise geradezu zum Untergange prädestinirt.

Bei den Wirbellosen, speciell bei den Fliegen, deren Auflösungsprocesse von Geweben wir eingangs in den Hauptzügen kennen gelernt haben, liegen die Verhältnisse anders. Hier ist einmal die Puppe während der Verwandlungsdauer vollkommen bewegungslos; es ist ein Einfluss einer etwaigen Körperbewegung auf den Umtrieb der Blutflüssigkeit im Inneren des Körpers ausgeschlossen; es wird aber ferner auch dadurch, dass das Herz wahrscheinlich auch bei der Auflösung des gesammten Körperinhaltes mit inbegriffen ist, ein Umtrieb des Blutes mehr oder weniger aufgehoben: sämmtliche Organe des Leibes befinden sich unter gleichen Ernährungsbedingungen und keines kann zu Gunsten eines anderen als abgeschwächt bezeichnet werden.

Sollen also hier die überflüssig und entbehrlich, vielleicht sogar hinderlich gewordenen Organe und Gewebe gelöst und entfernt werden, so muss sich der Organismus eines besonderen, mechanisch wirkenden Hilfsmittels zur Zerstörung und Abtödtung derselben bedienen; denn wenn auch die betreffenden Elemente infolge ihrer aufgehobenen Function nicht mehr das völlig kräftige und normale Verhalten aufweisen, so sind sie auf der anderen Seite doch immerhin noch lebendig genug, um nicht ohne Weiteres zu zerfallen. Diesen Zerfall zu bewirken, oder vielleicht auch nur zu beschleunigen, das ist die Aufgabe der Phagocyten; es ist diesbezüglich schon von van Rees sehr mit Recht hervorgehoben worden, dass die neuen Organe theilweise an Stelle der alten gebildet werden, und dass zu diesem Zwecke die alten natürlicherweise so bald als möglich eliminirt werden müssen.

Indem aber die Leukocyten die Organe in eine ganze Anzahl von Bruchstücken zerlegen, geben sie weiterhin der Leibesflüssigkeit Gelegenheit zu einer auf eine grössere Fläche ausgebreiteten und infolge dessen weit intensiveren Einwirkung auf die Fragmente; denn die van Rees'sche Vermuthung, dass auch ohne dauernde Einwirkung der Leukocyten die Gewebetrümmer lediglich durch



die auflösende Wirkung der Körperflüssigkeit zur Verdauung gelangen können, scheint mir nach meinen Erfahrungen am Frosch wohl genug begründet. Ich kann mich sogar der Vermuthung nicht entschlagen, dass nicht nur die Auflösung der Muskelfragmente, sondern auch die vor Eindringen der Leukocyten auftretenden selbstständigen Veränderungen an den Speicheldrüsen und Fettzellen der Einwirkung der Leibesflüssigkeit ihren Ursprung verdanken, dass diese das eigentlich auflösende und verdauende Medium ist, und dass die Leukocyten (natürlich nur für den in Rede stehen den Process) nichts als Transportmittel für die gebildeten Zerfallsstoffe darstellen, Transportmittel, welche hier an Stelle der aufgehobenen Blutcirculation eintreten müssen.

Wenn dem so ist, dann verliert auch der Umstand, dass noch bei den Froschlarven im Verlaufe der Degeneration des Schwanzes einzelne Gewebsbruchstücke von Leukocyten aufgenommen werden, viel an Interesse; er sinkt zur Bedeutung eines gelegentlichen Vorkommnisses herab, das, als eine Reminiscenz an entsprechende Verhältnisse bei anderen Thieren, zur Beschleunigung des Processes beitragen mag.

Ich habe schon an einer anderen Stelle, als es sich darum handelte, die Bedeutung der Leukocyten für das Zustandekommen der Zerfallsvorgänge im Froschlarvenschwanze genauer festzustellen, dieser Vermuthung ausführlicher Ausdruck gegeben [1]. Auch durch eine Anzahl pathologischer Arbeiten ist neuerdings festgestellt worden, dass nicht lediglich die Phagocyten, sondern vor allem auch die Körperflüssigkeit der Thiere für sich allein massenhafte Bakterien unschädlich zu machen im Stande ist; es verliert dadurch also auch hier das Auftreten der Leukocyten viel von seiner Bedeutung. Es geschieht scheinbar nur unterstützend, helfend, da wo die Körperflüssigkeit allein den gewünschten oder geforderten Erfolg zu erzielen nicht im Stande ist.

So fällt bei genauerer Betrachtung der früher scheinbar so bedeutsam hervortretende Unterschied in dem Modus der Zerfallsvorgänge bei Wirbellosen und Wirbelthieren hinweg; er liegt begründet in der verschiedenen Entwickelungsstufe beider Thierklassen und hängt aufs innigste zusammen mit ihrer verschiedenen Ausstattung, ihrer verschieden hohen Organisation.

Es ergiebt sich auch bei der Betrachtung dieser Verhältnisse, dass die Natur zur Erreichung desselben Zieles nicht sklavisch an dieselben Mittel gebunden ist, sondern dass sie zu demselben Ende gelangen kann auf verschiedenen, der Entwickelungsstufe der betreffenden Lebensformen entsprechenden Wegen, die auf den ersten Blick vielleicht vollkommen fremd und verschieden, bei genauerem Studium sich nur als Variationen einer Grundmelodie, eines Grundgedankens zu erkennen geben.

[1] Looss, Ueber die Betheiligung der Leukocyten an dem Zerfall etc. l. c.



Erklärung der Abbildungen.

Die Umrisse der Abbildungen von histologischen Details sind sämmtlich mit dem Zeiss'schen grossen Zeichenspiegel entworfen, die Ausführung, was Farbe, Form, Einzelheiten etc. anbelangt, so peinlich genau wie möglich nach den Präparaten gehalten worden.

Tafel I.

Fig. 1 u. 2. Nahezu vollständig verwandelte, junge Knoblauchskröte, Pelobates fuscus, mit nur noch ganz kurzem Schwanzreste, der kappenförmig dem Ende der Wirbelsäule aufsitzt. Die Haut dieses Stumpfes ist ausserordentlich verdickt und fällt in scharfer Kante gegen die übrige Körperhaut ab. Fig. 1 von oben, Fig. 2 von der Seite. Vergr. $^{3}/_{2}$.

Fig. 3. Bufo vulgaris; Flächenschnitt mit der obersten Hautzellenlage zu Beginn der Degeneration. Einige wenige einfache Fortsätze an den Pigmentzellen deuten noch auf deren frühere, reiche Verästelung hin. Conservirt in Flemming'scher Chromosmiumessigsäure. Färbung: Boraxcarm. Zeiss, E^{II}.

Fig. 4. Rana esculenta, ganz im Anfange der Reduction. Querschnitt durch die Haut mit einer vereinzelten, degenerirenden Epidermiszelle. In der blasig aufgetriebenen Höhlung der Kern, um diesen herum ungefärbtes Protoplasma, mit 3 stark gefärbten und stark lichtbrechenden runden Kügelchen. Cons.: Sublimat; Färbung: Boraxcarm. Z., H. I. $^{1}/_{12}{}^{II}$.

Fig. 5. Rana temporaria, während des Durchbruches der vorderen Extremitäten. Querschnitt durch den Saum der Schwanzflosse kurz hinter der Spitze. Man bemerkt zahlreiche, blasig aufgetriebene Epidermiszellen mit oder ohne Kern, die zum Theil ausser den stark gefärbten Kügelchen auch einzelne Pigmentkörnchen und Häufchen in ihrem Inneren aufweisen; links zwischen zwei Blasen ein stark gedrückter, nach aussen in die Höhe tretender Kern. Die Pigmentansammlung unter der Haut ist bereits deutlich bemerkbar geworden, der Cuticularsaum ebenfalls deutlich vorhanden. Cons.: Sublimat; Färbung: Boraxcarm. $^{1}/_{12}{}^{II}$.

Fig. 6. Rana temporaria, gleiches Stadium wie Fig. 5. Querschnitt durch die Schwanzspitze. Durch die hier sehr dünne Cutis sind die Zerfallsproducte der Epidermiszellen nach dem Inneren des Schwanzes hereingetreten; namentlich bleiben von denselben die stark gefärbten Kügelchen zwischen den Pigmentansammlungen noch längere Zeit sichtbar. Cons.: Chroms.; Färbung: Boraxcarm. $^{1}/_{12}{}^{II}$.

Fig. 7. Bufo vulgaris, Schwanz von der Länge der Hinterbeine, Querschnitt durch die Basis des noch vorhandenen Flossensaumes. Die äusserste Zellenlage der Haut ist abgefallen, die darunter liegende zeigt eine wellige äussere Grenzlinie und keine Spur eines Cuticularsaumes; in der untersten Zellenlage degenerirende Epidermiszellen auf verschiedenen Stadien, von denen aus theilweise bruchsackartige Einstülpungen in die Cutis hereinreichen; an der Innenseite der Cutis dicht angelagerte Bindegewebszellen des Flossensaumes, in dem Bindegewebe selbst einige mehrkernige, aber sonst vollkommen »leere« Leukocyten. Chromosmiumessigsäure, Boraxcarm. $^{1}/_{12}{}^{II}$.

Fig. 8. Rana temporaria, Schwanz von Länge der Hinterbeine, Querschnitt durch die Basis der noch vorhandenen Flosse ungefähr in der Mitte des Schwanzes. Bildung der eigenthümlichen Körper, pag. 31 f. Die meisten liegen in der untersten Epidermiszellenlage, und zwar stets nach dem Schwanzinneren zu gerichtet, während der Kern nach aussen zu liegt; einer dieser Körper ist mitsammt seinem Kerne in das Bindegewebe der Schwanzflosse übergetreten. In der sehr unregelmässig zusammengesetzten, nächsthöheren Epidermisschicht liegen einige Zellen, die ebenfalls bereits die betreffenden Körper ausgeschieden haben; die äusserste Zellenlage mit welliger Begrenzung zeigt keinen Cuticularsaum. Die Cutis ist bis auf einen stark gefärbten Saum fast völlig aufgelöst. Subl., Picrocarm. $^{1}/_{12}$II.

Fig. 9. Bufo vulgaris; Schwanz von Länge der erwachsenen Oberschenkel. Querschnitt durch den Uebergang der Haut in den letzten Rest der Schwanzflosse (vergl. Fig. 54). Epidermis 4—5 schichtig, ohne Cuticularsaum, mit Vacuolen und Pigmentanhäufungen, oben augenscheinlich Uebertritt eines Kernes in die Cutis. Diese wird an 2 Stellen blasenartig von der Epidermis abgehoben, und in die so gebildeten Räume treten Auflösungsproducte der Epidermiszellen hinein; in der unteren Blase ziehen von der abgehobenen Cutis noch einzelne Protoplasmazipfel nach der Basis der Epidermis; die Abhebung ist augenscheinlich hier noch nicht beendet gewesen. Chromosmiumessigsäure, Boraxcarm. $^{1}/_{12}$II.

Fig. 10. Pelobates fuscus; Schwanz noch $^{1}/_{4}$ so lang als die ausgestreckten Hinterbeine; Stück aus einem ziemlich median geführten dorsoventralen Längsschnitt durch die stark verdickte Haut. Die Intercellularlücken sind überall deutlich vorhanden, mitunter ausserordentlich weit und zu kleinen Blasen aufgetrieben. Eine Epidermiszelle mit 2 Kernen; vor der Vollendung zum Stillstand gekommene Vermehrung. Sublim.-Essigs., Picrocarm. $^{1}/_{18}$II.

Fig. 11. Rana temporaria; Schwanz $^{3}/_{4}$ so lang als die gestreckten Hinterbeine; horizontal geführter Längsschnitt durch den Schwanz gegen die Basis hin. Epidermis mehrschichtig, die äusseren Zellenlagen sehr platt, abgestorben und im Begriffe, sich abzulösen. In der unteren Lage Degeneration der Zellen, in der Cutis einige stark gefärbte Gebilde, möglicherweise behufs Einsammlung des Pigmentes eindringende Leukocyten. Sublimat, Hämatoxylin, Picrocarm. $^{1}/_{12}$II.

Fig. 12. Pelobates fuscus; Schwanz reichlich anderthalbmal so lang als die Hinterglieder, also frühes Stadium; Schnitt ungefähr 1 mm hinter der Spitze des Schwanzes. Epidermis verdickt, aus 3—5 Lagen von Zellen über einander bestehend. Bemerkenswerth der flach rinnenförmige Querschnitt des Rückenmarkes und die Ausbreitung der Cutis, die eine Strecke vor der Kante des Flossensaumes vollständig verschwindet. Sublimat, Hämatoxylin, a* II.

Fig. 13. Das in Fig. 12 durch die beiden Linien begrenzte Stück bei $^{1}/_{12}$II. Man bemerkt hier, dass die Cutis fast ohne Uebergang plötzlich verschwindet, und dass dann die Zellen der Epidermis durch Ausläufer in mehr oder minder grosser Zahl mit den Zellen des Schwanzinneren in Verbindung stehen. Es macht den Eindruck, als seien diese Fortsätze ganz analoge Gebilde, wie die zu den Nachbarzellen hinführenden Intercellularbrücken.

Fig. 14. Zellen der oberen Epidermislage zu Anfang der Reduction, Rana temporaria. Dieselben zeigen ausser dem Kern ein mehr oder minder ausgeprägtes Netz aus körnigem Protoplasma, zwischen dessen Maschen vollkommen hyaline Tropfen von verschiedener Grösse und Zahl gelegen sind, die theilweise (links oben) so dicht an den Kern herantreten, dass derselbe unregelmässig eingekerbt erscheint. Frisch in 0,75 % Kochsalzlösung. $^{1}/_{12}$II.

Fig. 15. Pelobates fuscus; Schwanz von Länge der Hinterextremitäten; dorsoventraler Längsschnitt durch die Spitze. Das aus einem einfachen Centralcanale bestehende Rückenmark hat seinen gestreckten Verlauf aufgegeben und sich in zahlreiche, scharf gebogene Windungen gelegt. Sublim.-Essigs., Picrocarm. CII.

Fig. 16. Rana esculenta, zur Zeit des Durchbruches der vorderen Glieder; Querschnitt durch den Schwanz dicht vor dem Ende des Rückenmarkes. Die dunkler gefärbten Kerne der Epithelzellen des Centralkanales haben ihre regelmässige Gruppirung aufgegeben, einzelne sind aus dem Verbande der übrigen nach aussen herausgetreten, zwischen anderen finden sich mehr oder minder grosse Lücken, in denen ein feinkörniges, ungefärbtes Plasma, stark lichtbrechende und gefärbte Kügelchen und Pigmenthäufchen, unter Umständen (unten links) auch ein runder Kern gelegen ist. Eine scharfe Abgrenzung des Rückenmarkes gegen das Bindegewebe der Umgebung scheint kaum noch durchführbar. Sublim., Boraxcarm. EII.

Fig. 17. Pelobates fuscus, dasselbe Individuum wie Fig. 12 u. 13; einige Schnitte vor 12. Vom Rückenmarkskanale ist nur die Basis als flache Rinne vorhanden, das Dach hat sich aufgelöst, die einzelnen Zellen desselben sind nicht mehr genau zu erkennen. Oben ein mit Pigment vollgefressener Leukocyt, dessen Kern deutlich als solcher hervortritt. Einzelne der Bindegewebskerne (links oben und in der Mitte) zeigen Alterserscheinungen, blassere Grundsubstanz mit dunklem Contour und je einem einzigen groben Chromatinkorn im Inneren. Sublimat, Hämatoxylin. E II.

Tafel II.

Fig. 18. Rana temporaria, unmittelbar nach Durchbruch der vorderen Extremitäten, Querschnitt durch den Schwanz, letzter Schnitt, auf dem das Rückenmark deutlich als solches zu erkennen ist; schon auf dem folgenden findet man an Stelle desselben nur einige unregelmässig gruppirte, verstreutliegende und dunkel gefärbte Kerne. Die Zellen des Centralkanales haben ihren Zusammenhang völlig aufgegeben, einige der Kerne haben sich bereits abgerundet (Mitte links) und sind unter gleichzeitiger Verdickung der Chromatinstructuren blasser geworden, zwischen den Kernen Pigmentbildungen und (rechts) stark lichtbrechende und gefärbte Kügelchen. Die Chorda unterhalb des Markes zeigt dieselben Zerfallsproducte ihrer Zellen. Sublimat, Boraxcarm., E II.

Fig. 19. Rana temporaria, dasselbe Individuum wie Fig. 11. Ein in Zerfall begriffenes Spinalganglion; die Ganglienzellen sind etwas geschrumpft, einige (rechts unten) zeigen noch ihre normale Structur, andere haben in ihrem Plasma Pigmentkörnchen in verschiedener Zahl ausgeschieden; links oben ein Kern (dessen Zelle nicht mit getroffen ist), der anstatt seines Chromatingerüstes mit Nucleolus eine Anzahl runder, stark gefärbter und stark lichtbrechender Kügelchen in einer fast völlig farblosen Grundmasse aufweist. Zwischen den Ganglienzellen rothe und weisse Blutkörper. Picrocarmin, wenig Hämatoxylin, E II.

Fig. 20. Rana esculenta, fast verwandelter Frosch, mit einem drehrunden Schwanzstummel von 2/3 der Länge der Oberschenkel. Ganglienzellen aus verschiedenen Gegenden der dorsoventralen Längsschnitte; in dem Protoplasma der Zellen lassen sich eine oder mehrere, helle Vacuolen von wechselnder Grösse beobachten, während auch der Kern mehr oder weniger weit vorgeschrittene Stadien der »Chromatolyse« zeigt. Sublimat-Essigsäure, Hämatoxylin (mit salzsaurem Alkohol entfärbt), 1/12 II.

Fig. 21. Rana temporaria und Bufo vulgaris, entsprechendes Stadium, wie Fig. 11 und 19. Ganglienzellen, von verschiedenen Stellen der Schnittpräparate zusammengesucht, mit völlig zerfallenem Kern und Pigmentkörnchen in dem Zellprotoplasma. Rana tempor.: Sublimat; Bufo vulg.: Chromosmiumessigsäure, Boraxcarmin, 1/12 II.

Fig. 22. Rana temporaria, kurz vor Durchbruch der Vorderbeine. Isolirte, markhaltige Nervenfaser aus der Spitze der Schwanzflosse, deren Markscheide anstatt der gewöhnlich glatten fein gekerbte Contouren zeigt. Um die Kerne der bindegewebigen Scheide herum feine Körnchen. Aus dem lebenden Thiere. D II.

Fig. 23. Rana temporaria, nach Durchbruch der Vorderglieder. Markhaltige Nervenfaser, leicht gewellt, deren Marksubstanz bereits Continuitätstrennungen aufweist. Nach dem lebenden Präparate bei D II.

Fig. 24. Dasselbe Thier wie in Fig. 23, einen Tag später. Rechts eine sehr stark zusammengefaltete, isolirt verlaufende Nervenfaser, links ein aus 2 Fasern zusammengesetzter Nerv; von der einen Faser sind nur noch einige, in wechselnden Intervallen vorhandene Markstückchen übrig, die Primitivscheide zwischen je zwei Stückchen ist schwach sichtbar. Nach dem lebenden Thiere bei D II.

Fig. 25. Rana temporaria, gleiches Stadium, wie Fig. 24. Markhaltiger, aus mehreren Fasern zusammengesetzter Nerv, dessen Marksubstanz an einer Stelle aufhört, während von da ab nur noch die feine, zusammengefallene Primitivscheide sichtbar ist. Aus einem Zupfpräparat in 0,75 % *Na Cl* bei D II.

Fig. 26. Isolirte Marktropfen, wie sie sich auf Zupfpräparaten bei allen Arten beobachten lassen; Gestalt sehr wechselnd, charakteristisch überall der scharfe, schwarze und doppelte Contour. E II.



Fig. 27. Stärkerer peripherer Nerv während des Zerfalles. Die Marksubstanz der einzelnen Fasern hat sich in einzelne Ballen gesondert, die in ihren Scheiden liegen; links ein hervortretender, kugeliger Marktropfen. Aus einem Zupfpräparat, frisch in *NaCl* 0,75 %. E II.

Fig. 28. Normale Muskelfaser aus der Basis des Schwanzes (Pelobates fuscus); Länge des letzteren gleich der der Hinterbeine. Die Kerne im Inneren lang fadenförmig, aussen etwas dicker. Sublimat, Picrocarmin, Hämatoxylin. C II.

Fig. 29. Bufo vulgaris; Schwanz von Länge der Hinterbeine; dorsoventraler Längsschnitt. Muskel im Stadium der Auflösung in die Primitivfibrillen; dieselbe zeigt sich namentlich an den Enden der Faser. Chromosmiumessigsäure, Boraxcarmin. D II.

Fig. 30. Rana temporaria, kurz nach Durchbruch der Vorderbeine, sagittaler Längsschnitt. Muskel mit Anlage der aus verschmolzenen Fibrillen bestehenden unregelmässigen, dunkel gefärbten Querbänder. Sublimat, Picrocarm. D II.

Fig. 31. Pelobates fuscus, Schwanz desselben Individuums wie Fig. 15. Nahe der Basis, quergeschnitten. Muskel, dessen Fibrillen vollständig zu einem homogenen Ganzen verschmolzen sind; derselbe ist durch einen weiten Zwischenraum von seiner bindegewebigen Scheide getrennt und steht mit derselben durch eine Anzahl unregelmässig verlaufender, sehr feiner Fäden in Verbindung. Es macht zuweilen den Eindruck, als ob diese Querschnitte durch gefaltete, äusserst zarte Membranen repräsentirten. Sublimat-Essigsäure, Picrocarmin, D II.

Fig. 32. Pelobates fuscus, aus demselben Schwanze, wie die Fig. 31. Querschnitt eines ebenfalls in seinen Fibrillen verschmolzenen Muskels, in dessen Innerem sich bereits einige, zur Bildung der Bruchstücke hinführende Risse und Spalten zeigen. Die Kerne zeigen noch keine wesentliche Formveränderung. Sublimat-Essigsäure, Picrocarmin, D II.

Fig. 33. Rana temporaria, Schwanz von Länge der Hinterextremitäten; Längsschnitt. Muskelfaser mit sehr zahlreichen, dunklen, unregelmässig gestalteten Querbändern, zwischen denen hellere Stellen gelegen sind, in denen sich gelegentlich noch einzelne Fibrillen erkennen lassen. Sublimat, Picrocarmin, D II.

Fig. 34. Rana esculenta; Schwanz so lang wie die Hinterbeine. Querschnitt ungefähr durch die Mitte. Muskelfaser, wie die vorige, bei der zwischen den verschmolzenen, leicht zerklüfteten Partien noch einzelne, getrennt verlaufende Fibrillen erkennbar sind. Sublimat, Boraxcarmin, D II.

Fig. 35. Pelobates fuscus, Schwanz von Länge der Oberschenkel, dorsoventraler Längsschnitt, Muskel aus der Schwanzwurzel, dessen vollkommen verschmolzene, contractile Substanz von zahlreichen Rissen und Spalten durchzogen ist, in die die vollständig deformirten Kerne in Form feiner, unregelmässiger Linien oder isolirter Tröpfchen hineingedrängt sind; rechts und links unten einige noch weniger zerstörte Kerne mit starken Contouren und groben Chromatinkörnern im Inneren. Sublimat-Essigsäure, Picrocarmin, Hämatoxylin, 1/12 II.

Fig. 36. Rana temporaria, kurz nach Durchbruch der Vorderglieder; dorsoventraler Längsschnitt. Muskelfaser direct nach dem Zerfall; die Fragmente zum Theil noch sehr gross, alle mit deutlicher Querstreifung und stark gefärbt; rechts und links theilweise in Fibrillen zerfaserte Muskeln. Chromsäure, Picrocarmin, D II.

Fig. 37. Sarkolyten von verschiedener Form, aus Zupfpräparaten in *NaCl* 0,75 %, *a* mit noch eckigen Kanten, *h* bereits ziemlich abgerundet, E II.

Fig. 38. Sarkolyten (freie) von eigenthümlicher, s e l b s t s t ä n d i g erworbener Gestalt. E II. *Na Cl*, 0,75 %.

Fig. 39. Sarkolyten, die im Umkreis ihres Körpers einen deutlichen, feinkörnigen Protoplasmasaum tragen, der aber keine beweglichen Fortsätze treibt. Links oben zwei Sarkolyten in einer gemeinschaftlichen Hülle. Frisches Zupfpräparat in *Na Cl*, 0,75 %. E II.

Fig. 40. Sarkolyten wie die vorigen, nur dass sie in der Umhüllung einen runden oder ovalen, scharf contourirten, und einige grobe Körner im Inneren aufweisenden Kern tragen. Auch hier oft mehrere Ballen in einer Hülle. Frisches Präparat in *Na Cl*, 0,75 %. E II.

Fig. 41. Freie Sarkolyten, kurz vor der völligen Auflösung, mit runden Contouren, matt gewordener Querstreifung und theilweise schon der Ausscheidung des blassen hyalinen Saumes. Frisches Präparat, E II.



Tafel III.

Fig. 42. Die auf einander folgenden Veränderungen eines freien Sarkolyten bis zu seiner völligen Auflösung; zwischen *a* und *k* liegen ungefähr 16 Minuten Zeit; die feinen Tröpfchen in *k* verschwanden nach kurzer Zeit ebenfalls. Frisches Präparat in *NaCl*, 0,75 %. E II.

Fig. 43. Umhüllte Sarkolyten mit und ohne Kern, in denen die Einschlüsse verschieden weit verändert sind; in den beiden oberen zeigen sich um den einen, die Querstreifung noch aufweisenden Sarkolyten herum kleine Vacuolen, die Zeichen einer beginnenden Auflösung der Bruchstücke; die hellen Körper sind bereits völlig aufgelöste Muskelfragmente. Frisch in *NaCl*. E II.

Fig. 44. Pelobates fuscus, dasselbe Präparat wie Fig. 35. Sarkolyten im conservirten Zustande; freie mit noch deutlicher Querstreifung und dunkler Färbung (1), ferner einfach umhüllte mit sehr flachem Kern (2), umhüllte ohne Kern (3) und umhüllte zu zwei und mehreren mit völlig unregelmässig gestalteten Fragmenten der Muskelkerne in Verbindung (4). Die Querstreifung und Tinctionsfähigkeit ist bei allen mehr oder weniger geschwunden. Sublimat-Essigs., Picrocarmin-Hämatoxylin. $^1/_{12}$ II.

Fig. 45. Pelobates fuscus; Schwanz etwas kürzer als die Hinterbeine; dorsoventraler Längsschnitt, in der Mitte des Schwanzes. Sarkolyten innerhalb der Muskelscheide, sehr spärlich geworden, vor allem sind die freien vollkommen geschwunden, auch die umhüllten repräsentiren nur noch sehr blasse, homogene und fast gar nicht gefärbte Ballen. Kerne bereits etwas abgerundet, ohne Structur im Inneren. Sublimat-Essigsäure, Picrocarmin. $^1/_{12}$ II.

Fig. 46. Pelobates fuscus; Längsschnitt durch einen Muskel von der pag. 69 beschriebenen Beschaffenheit. Sublimat-Essigs., Picrocarmin-Hämatoxylin. D II.

Fig. 47. Leukocyten aus dem Schwanze verschiedener Froschlarven, theilweise (links oben) nur mit vereinzelten Pigmentkörnchen gefüllt, theils mit Muskelballen verschiedenen Aussehens (rechts unten), theils auch mit umhüllten kernhaltigen Sarkolyten (in der Mitte oben) im Inneren. Links unten ein ebensolcher, dessen Muskelfragment nur noch durch die blasse, runde Kugel vertreten ist. Frisch in *NaCl*, 0,75 %. E II.

Fig. 48. Pelobates fuscus, dasselbe Präparat wie Fig. 31 und 32; Querschnitt aus der Nähe der Schwanzspitze. An Stelle des früheren Muskels befindet sich die pag. 61 beschriebene, körnige Masse, mit den stark contourirten, zerfallenen Kernen, im Inneren ein stark aufgetriebenes und stark gefülltes Capillargefäss. Sublimat-Essigsäure, Picrocarmin. D II.

Fig. 49. Larve von Rana esculenta, deren Schwanz sich an einer Stelle infolge der daselbst stattgehabten Auflösung aller Muskeln auf einmal stark verjüngt. Nat. Grösse.

Fig. 50. Larve von Rana esculenta, deren Schwanz infolge des langsamen Rückganges der Chorda vollständig aus seiner regelmässigen Form gebracht worden ist; die Kante des Flossensaumes ist am weitesten und meisten reducirt, und hat durch ihren Zug die Contraction des Schwanzes zu Wege gebracht. Nat. Grösse.

Fig. 51. Pelobates fuscus, dasselbe Präparat wie 12, 13, etc. Querschnitt einen Centimeter hinter der Spitze. Noch normale Chorda mit Chordaepithel, homogen gefärbter innerer Chordascheide, und der äusseren bindegewebigen, von sehr platten Kernen durchsetzten Scheide. $^1/_{12}$ II.

Fig. 52. Larve von Rana esculenta mit der in Falten gelegten und durch die Muskulatur hindurchscheinenden Chorda. Nat. Grösse.

Fig. 53. Rana temporaria, Schwanz etwas kürzer als die Hinterbeine, Querschnitt ungefähr in der Mitte. Die Chorda hat sich von der bindegewebigen Scheide zurückgezogen, die Chordascheide ist auf dem Schnitte gar nicht vorhanden; die Kerne des Chordaepitheles zeigen Degenerationserscheinungen und zerfallen zu stark lichtbrechenden und stark gefärbten Kügelchen; die Chordazellen, stark gefaltet, haben ihren Zusammenhang aufgegeben; auch die bindegewebige Chordascheide hat sich gelockert, die nach innen zu gelegenen Zellen haben sich abgerundet, auch ihre Kerne zeigen Andeutungen des beginnenden Zerfalles. Sublimat, Boraxcarmin. $^1/_{12}$ II.

Fig. 54. Bufo vulgaris, Schwanz von Länge der erwachsenen Oberschenkel, Querschnitt

$1^1/_2$ mm vor der Spitze. Deformirung und Contraction der Chorda; der durch die Striche markirte Theil der Haut in Fig. 9 (I) vergrössert dargestellt. Chromosmiumessigsäure, Boraxcarmin. a^3II.

Fig. 55. Rana temporaria. Isolirte Chordazelle mit zusammengefallenen, aber in den Tröpfchen verdickten Wandungen. Frisch in *NaCl* 0,75 %, mit Methylviolett schwach gefärbt. E II.

Fig. 56. Rana temporaria. Isolirte Chordazellen mit den pag. 76 beschriebenen, isolirten Pigmentanhäufungen. Frisch in *NaCl* 0,75 %. E II.

Fig. 57. Rana temporaria, Schwanz von Länge bis zur Fusswurzel, Querschnitt 7-8 mm vor der Spitze. Angeschnittene, isolirte Chordazellen mit den verschieden grossen Tröpfchen in ihren Wandungen; oben eine schon ziemlich stark zusammengezogene, ganze Zelle. Sublimat, Picrocarmin. E II.

Fig. 58. Rana temporaria, dasselbe Präparat wie in der vorigen Figur, etwas weiter nach der Basis zu. Es ist nach aussen zu (oben) zunächst die Chordascheide, deren bindegewebige Umhüllung sich bis auf wenige Zellen weiter abgehoben hat, getroffen, mehr oder minder gefaltet, von homogenem Aussehen. Das Chordaepithel, bei der Contraction der Chorda von der Scheide losgerissen, zeigt in einzelnen Fetzen noch dahin, die Kerne desselben zerfallen in Körner. In den Wandungen der Zellen theilweise Tropfenbilduug. Sublimat, Picrocarmin. $^1/_{12}$II.

Fig. 59. Rana esculenta, dasselbe Präparat wie Fig. 20. Man sieht hier alle Uebergänge von den Kernen des Chordaepitheles, dessen Zellprotoplasma auch in Auflösung begriffen ist, zu den fast schwarz gefärbten, kugeligen Tröpfchen. Sublimat-Essigsäure, Hämatoxylin. $^1/_{12}$II.

Fig. 60. Leukocyten aus der Umgebung der Chordascheide, mehr oder minder mit Pigmentkörnchen gefüllt, rechts unten zwei Gebilde, die augenscheinlich den in Fig. 56 gezeichneten Abschnürungsproducten der Chordazellen sehr ähnlich sind, und ebenfalls innerhalb der Chordascheide gefunden werden. Frisch in *NaCl* 0,75 %. E II.

Fig. 61. Pelobates fuscus, zusammengezogene Pigmentzellen aus der Haut, mit protoplasmatischen, hellen, theilweise einen Kern tragenden Anhängen. Frisch in *NaCl* 0,75 %. D II.

Fig. 62. Gelbe Pigmentzellen aus dem Bindegewebe verschiedener Larven, nach Einziehung der Fortsätze, mit durchscheinendem Kern. Frisch in Kochsalz 0,75 %. D II.

Fig. 63. Pelobates fuscus, dasselbe Präparat wie Fig. 31 und 32, aber Querschnitt 1 mm hinter der Spitze. Vor allem zur Demonstration der ausserordentlichen Füllung des Schwanzes mit Blut gezeichnet. Von der Chorda sieht man fast gar nichts mehr, das Rückenmark in Gestalt eines kleinen, rothen Ringes ganz von Blut umgeben. Beachtenswerth ist das Verhalten der Cutis, die Dicke der Epidermis, und die Ansammlung der Pigmentzellen in der oberen und unteren Kante des Schwanzes. Sublimat-Essigsäure, Picrocarmin, wenig Hämatoxylin. a^*II.

Tafel IV.

Fig. 64. Pelobates fuscus, dasselbe Präparat wie Fig. 46. Längsschnitt durch die in Zerfall begriffene Arteria caudalis. Man sieht auf der rechten Seite nach unten zu einige ganz flache, häutchenförmige Zellen sich ablösen, möglicherweise Epithelzellen; auch die Längs- und Ringmuskelzellen lockern sich und fallen ab. Sublimat-Essigsäure, Picrocarmin. J(W.-J.)II.

Fig. 65. Rana esculenta, dasselbe Thier wie. Fig. 20.u. 59. Längsschnitt durch die Arteria caudalis. Die Längsmuskelzellen im Inneren haben sich völlig abgelöst und zum Theil (rechts in der Mitte) abgerundet. In der Ringmuskellage zeigen sich zahlreiche Vacuolen, theilweise auch um die Kerne herum, welche letztere vielfach Erscheinungen der Degeneration zeigen. Die aussen liegenden Pigmentzellen haben eine ziemlich massige Beschaffenheit angenommen. Sublimat-Essigsäure, Picrocarmin (schwach), Hämatoxylin. $^1/_{12}$II.

Fig. 66. Pelobates fuscus. Dasselbe Präparat wie Fig. 45. Längsschnitt durch das Gewebe des Flossensaumes, dessen Maschenwerk bedeutend enger und dichter geworden ist, und von zahlreichen, pigmenthaltigen Leukocyten durchwandert wird. Die Capillaren zeichnen sich alle durch ihre starke Füllung aus. Sublimat-Essigsäure, Picrocarmin. $^1/_{12}$II.

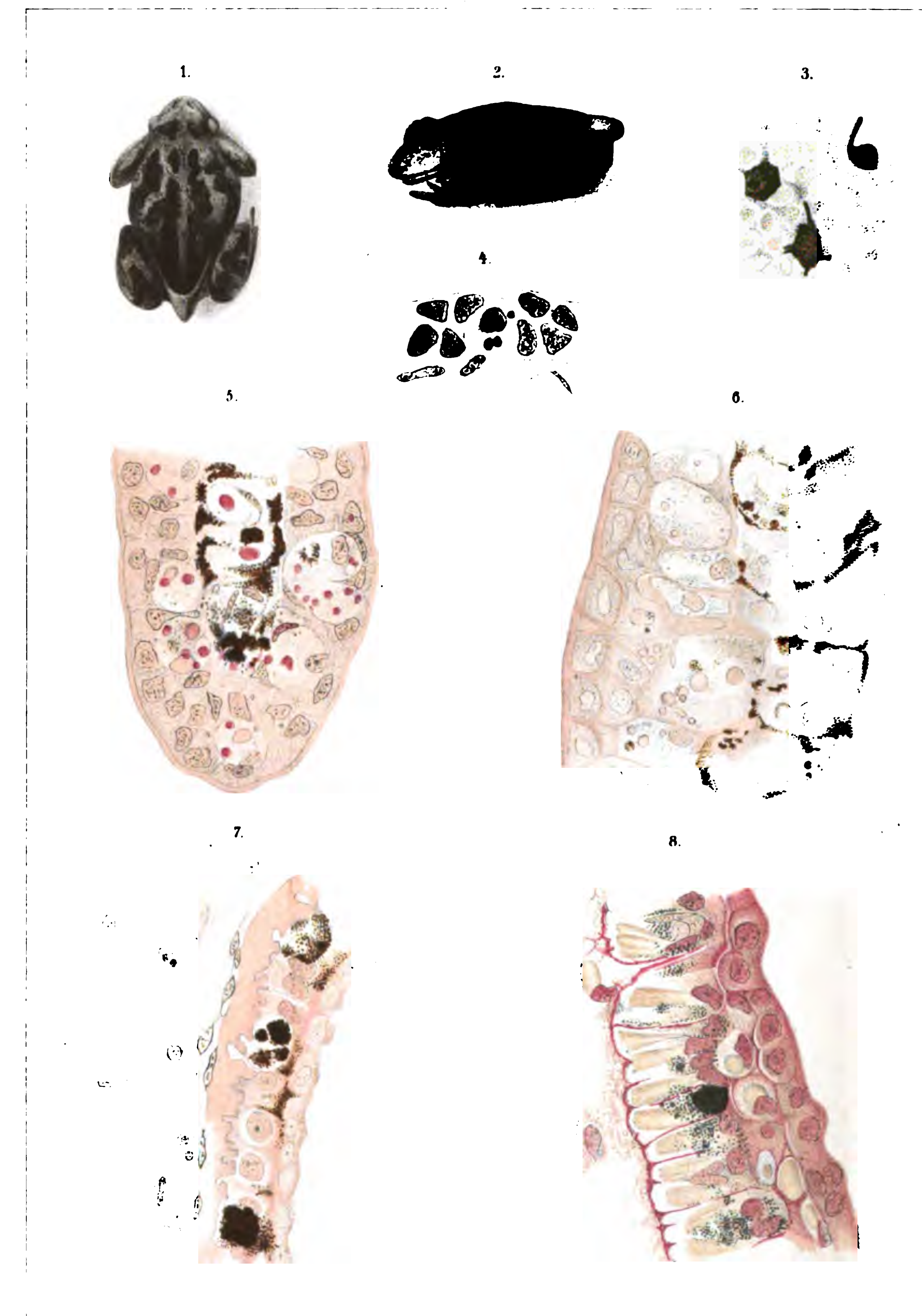
Fig. 67. Pelobates fuscus, dasselbe Präparat wie in der vorigen Figur. Das intermusculäre Zwischengewebe nach Schwund der Muskeln, auf dem Längsschnitt. Dasselbe ist sehr dicht und kernreich, einzelne der Kerne (Mitte) zeigen Alterserscheinungen, die Capillare wiederum ausserordentlich stark gefüllt. An der Stelle des mittleren, leeren Raumes lag früher eine Muskelfaser. Sublimat-Essigsäure, Picrocarmin-Hämatoxylin (schwach). $^1/_{12}$ II.

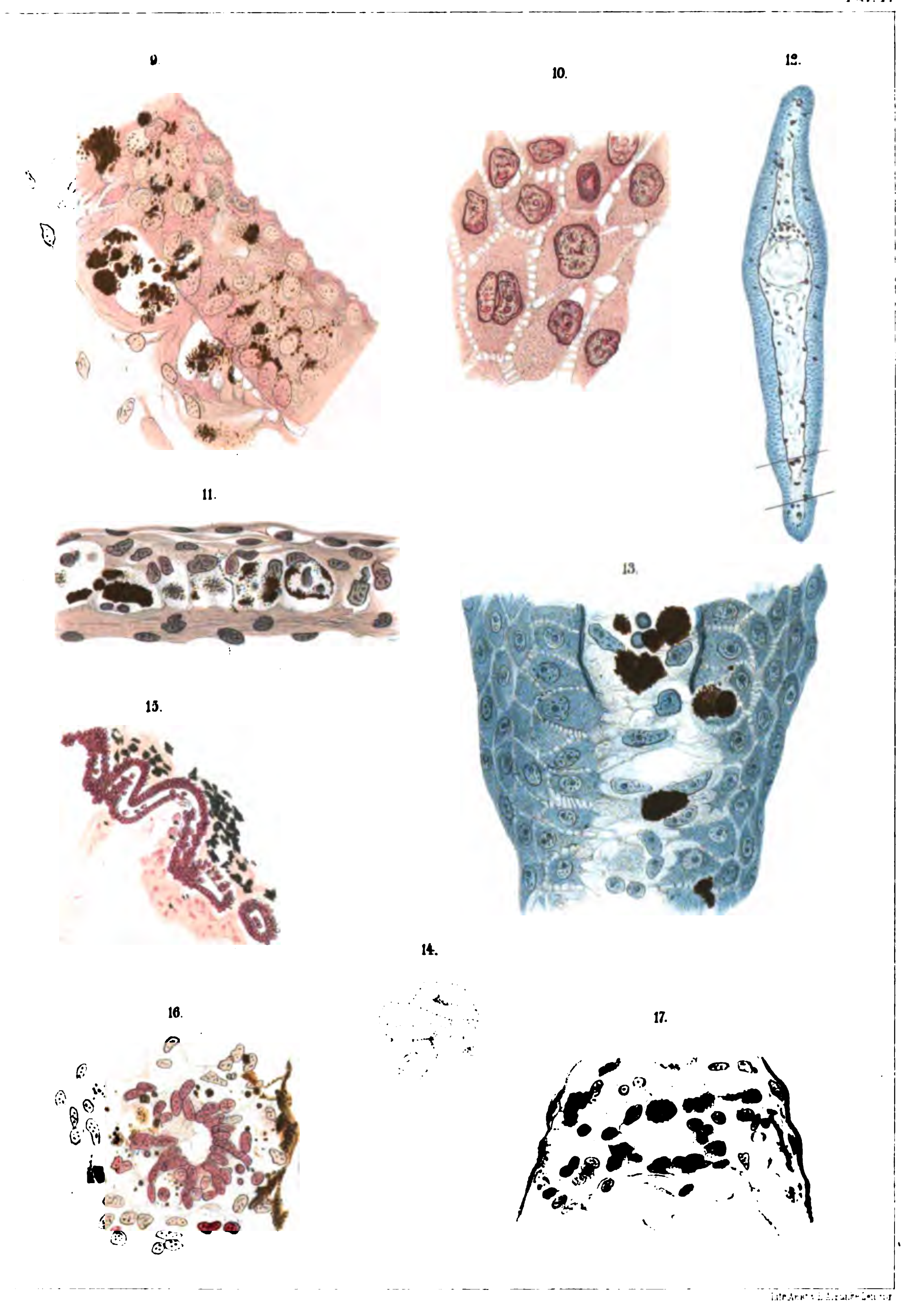
Fig. 68. Bufo vulgaris. Leukocyten aus dem Gewebe des Schwanzes in der ersten Hälfte der Rückbildungsperiode; entweder leer, mit einem oder mehreren unregelmässig gestalteten (Untergangserscheinungen?) Kernen, oder mit Pigmentkörnchen in verschiedenem Maasse gefüllt. Chromosmiumessigsäure, Boraxcarmin. $^1/_{18}$ II.

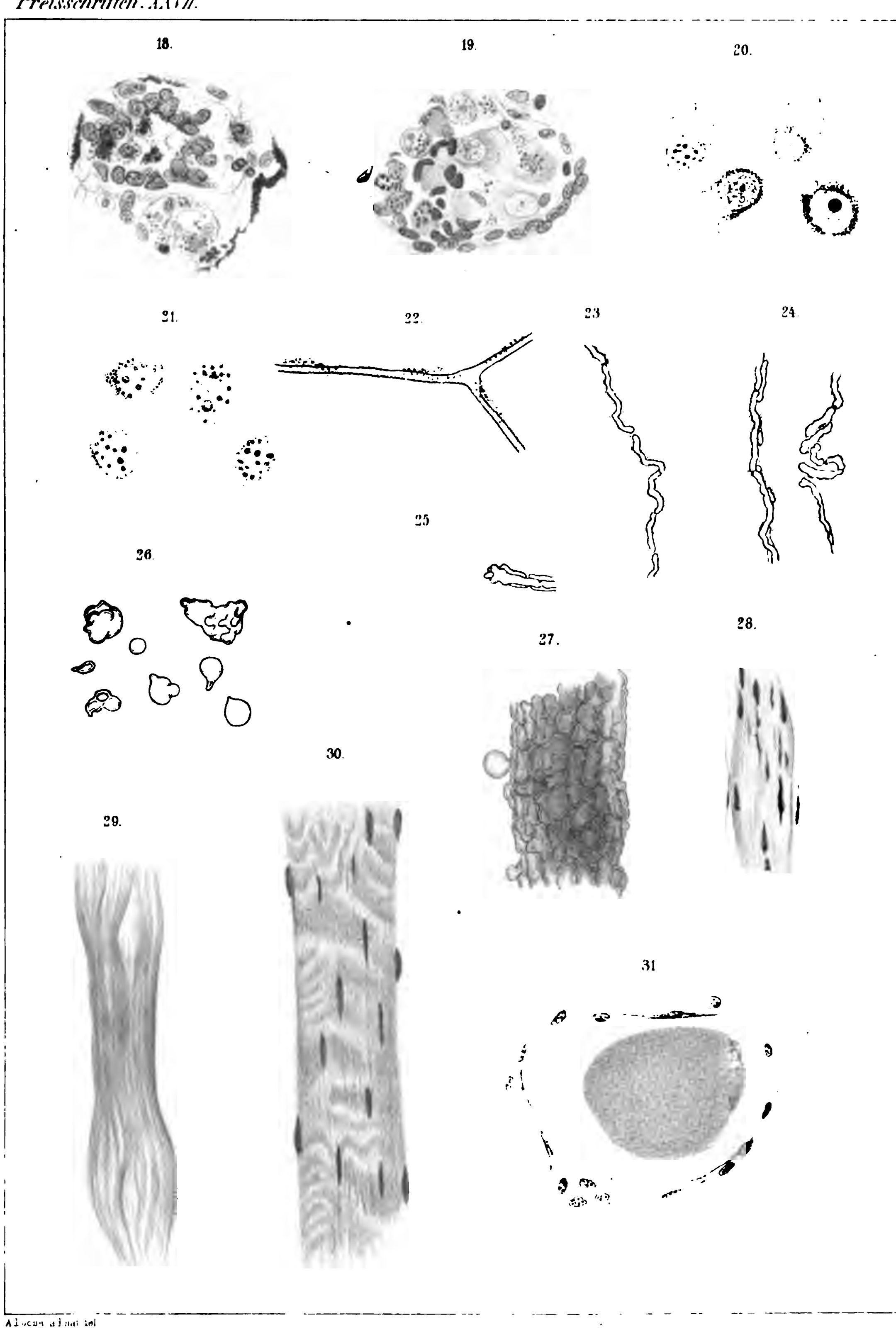
Fig. 69. Pelobates fuscus, Schwanz von Länge der Oberschenkel, dorsoventraler Längsschnitt. Zusammenhang der Epidermiszellen mit dem Bindegewebe der Flosse nach Reduction der Cutis. Von der Epidermis ist nur die untere Hälfte gezeichnet; in derselben weite Intercellularlücken und Vacuolen, Pigmentkörnchen etc. Die Fortsätze der Epidermiszellen gehen direct in das Bindegewebe über; in diesem letzteren einige aus Gefässen extravasirte Blutkörper. Sublimat-Essigsäure, Picrocarmin. $^1/_{12}$ II.

Inhalt.

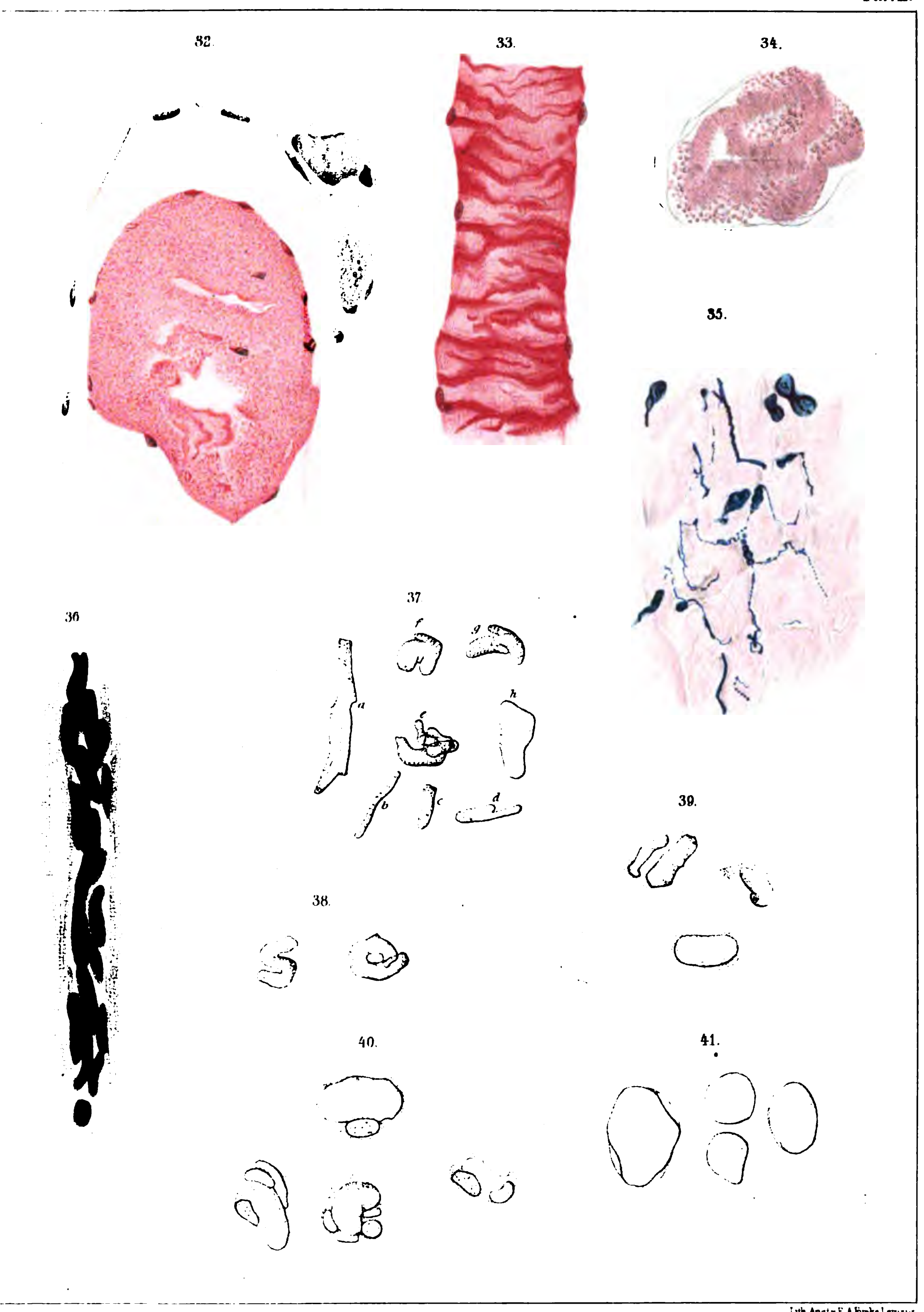
Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.


1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.

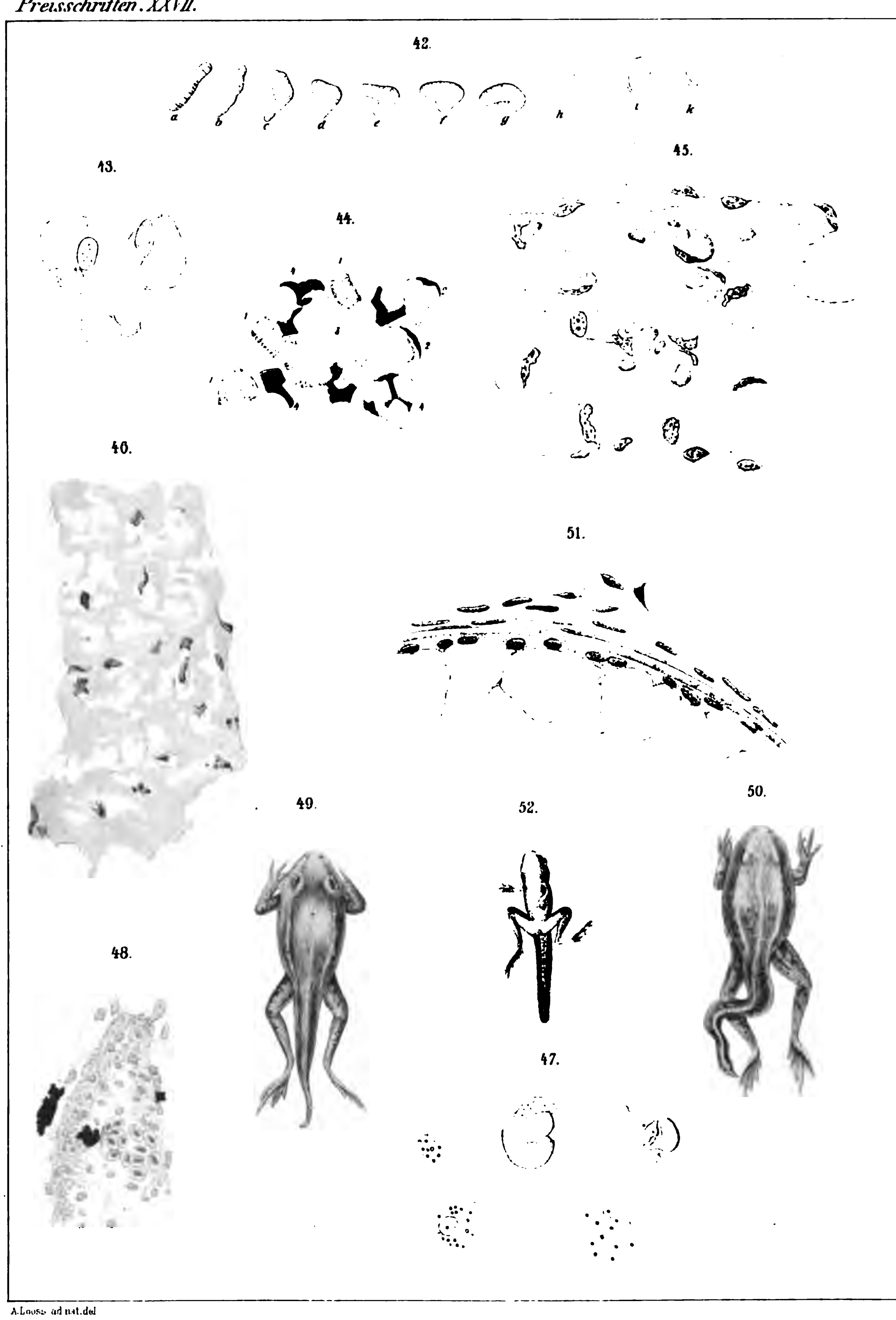

9.
10.
12.
11.
13.
15.
14.
16.
17.



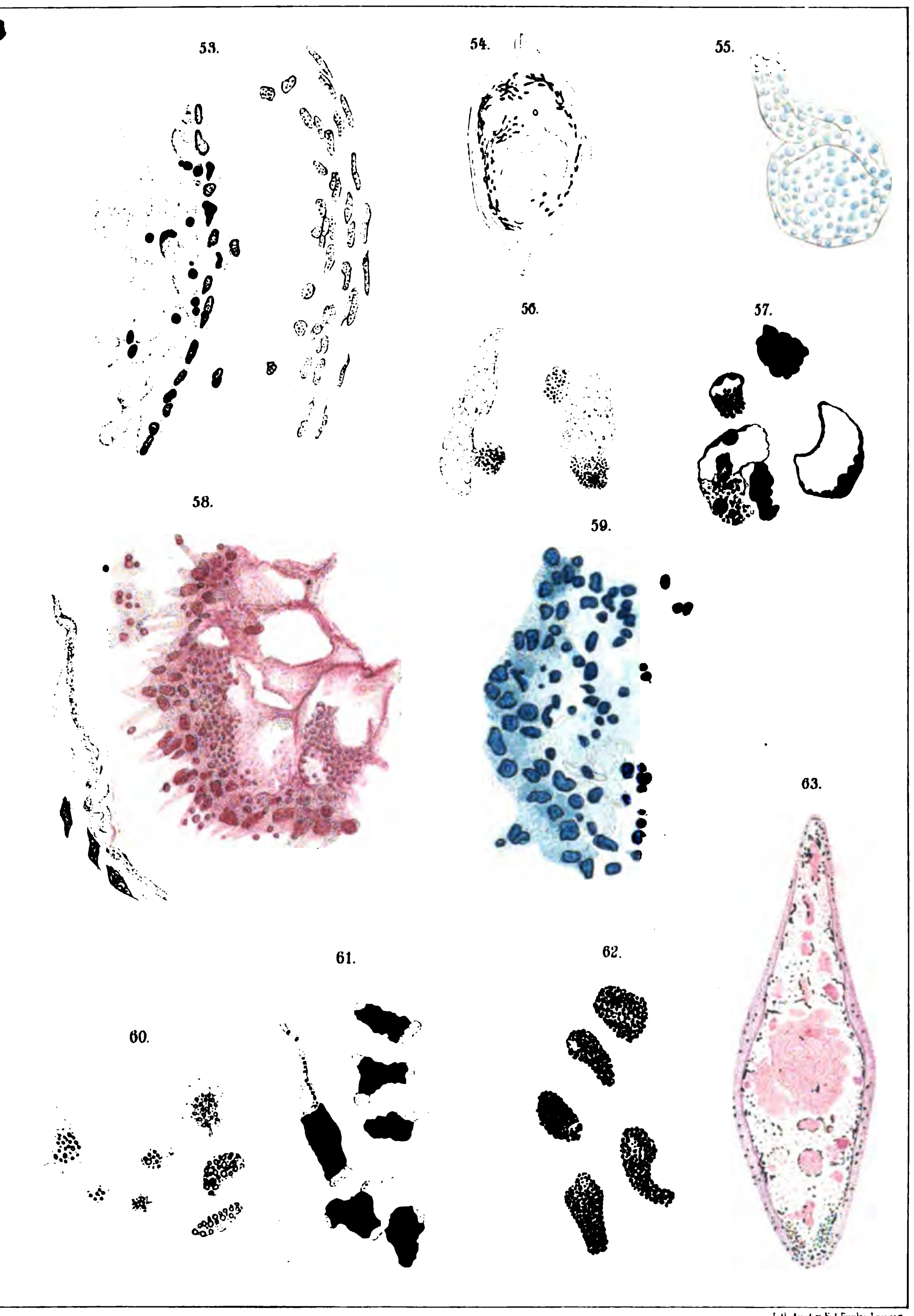
A. Iscovesco ad nat. del.



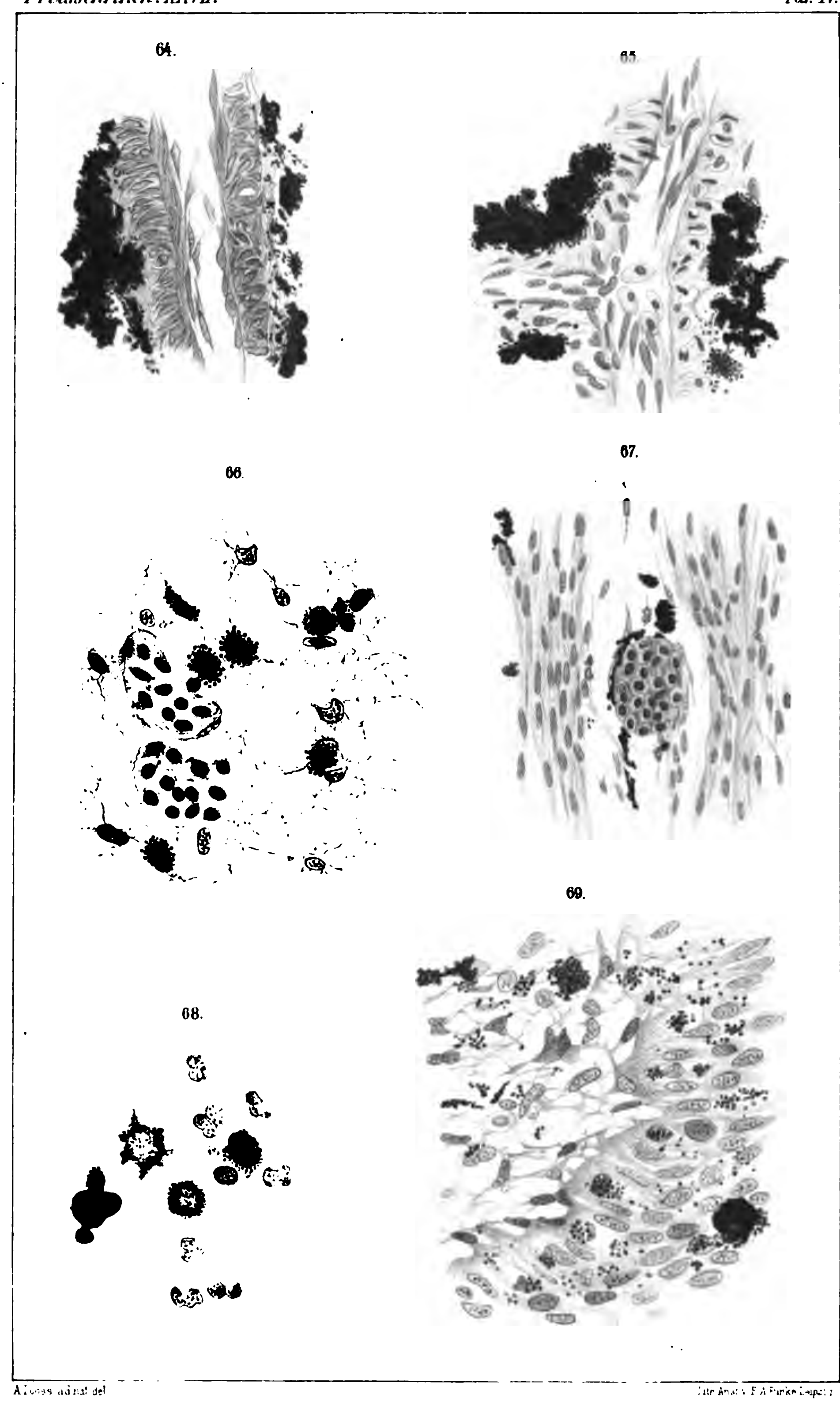
Lith Anst v E. A Funke Leipzig.



A. Looss ad nat. del.



Lith Anst v E A Funke, Leipzig



A. Loos ad nat. del. Lith. Anst. v. F. A. Funke Leipzig

